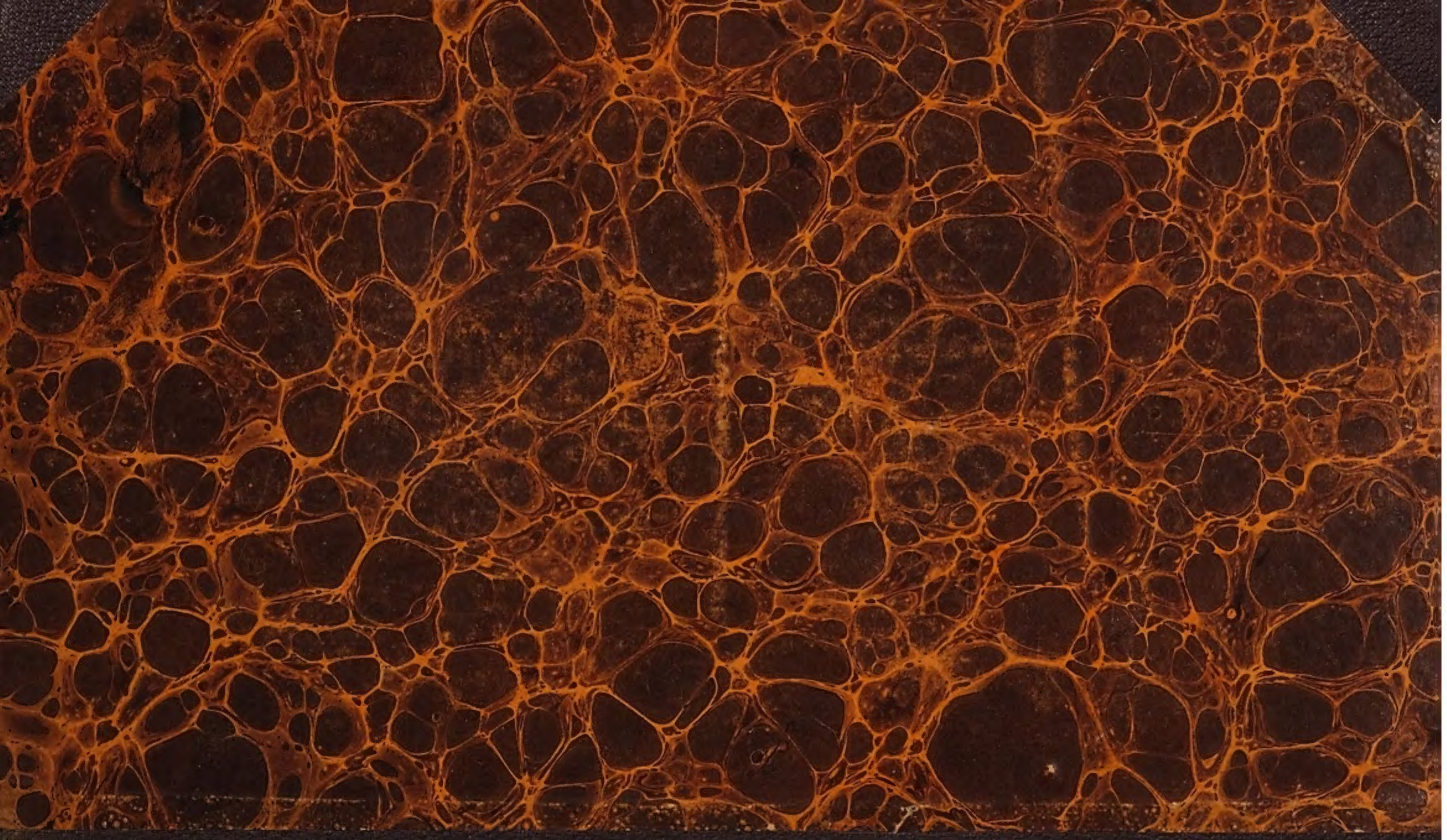
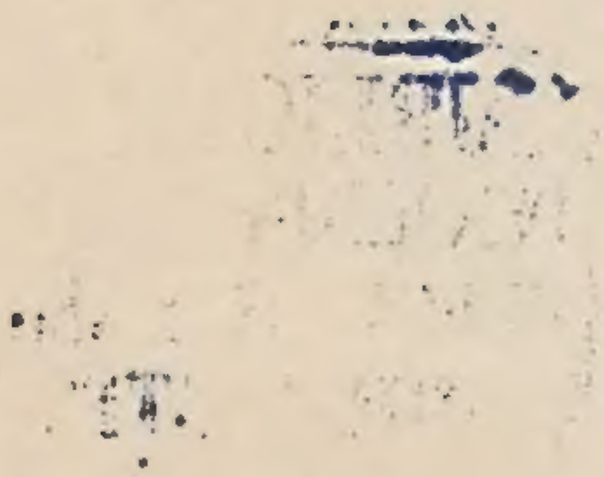


BHS I B 291



Die Steinkohlen,

ihre Eigenschaften, Vorkommen, Entstehung und nationalökonomische Bedeutung.

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke A.-G.
Bibliothek
Gruppe I B
B Nr. 291

Von

Franz Toula.

Mit zwanzig geologischen Profilen und Karten im Texte, einer Productionstabelle und sechs lithographierten Tafeln.

BIBLIOTHEK
DER K.B.GENERAL
BERGW.U.SALINEN
ADMINISTR.

Wien, 1888.

Commissions-Verlag von Eduard Hölzel.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort.

Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit gaben mir die zwei Vorträge, die ich im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse am 29. Februar und am 7. März d. J. gehalten habe. In meinem Bestreben, meine Zuhörer mit den einschlägigen Schriften und besonders mit den neueren Erscheinungen bekannt zu machen, wuchs meine Studie weit über den Rahmen eines Vortrages hinaus, und es wäre mir schwer geworden, die Darlegungen auf das übliche Maß zurückzubringen. So mögen denn die Ausführungen in der erweiterten Form einer freundlichen Aufnahme empfohlen sein.

Wien, am 18. März 1888.

Inhalt.

Seite

Einleitung 7

1. **Die physikalischen und chemischen Verhältnisse der Steinkohlen** 9

Die Braun- und Stein- oder Schwarzkohlen und ihre Unterscheidung. Varietäten der Schwarz- und Braunkohlen und des Torfes. Die chemische Zusammensetzung der fossilen Brennstoffe und ihrer Aschen. Brennwertbestimmung und Brennwertangaben für verschiedene Kohlen. Rolle des Wasserstoffes der Kohle.

2. **Die allgemeinen geologischen Verhältnisse** . 31

Verbreitung der Steinkohlenformation und Gliederung derselben. Paralische und limnische Steinkohlengebiete.

3. **Die wichtigsten Steinkohlenreviere der Erde** (und ihre tektonischen Verhältnisse) 41

Irland. Belgien. Frankreich. Deutschland. Österreich-Ungarn. Russland. Nordamerika. China. Indien. Afrika. Australien.

Kohlenproduction (Tabelle). Die Steinkohle im Welthandel (Tabelle).

4. **Die physikalischen Verhältnisse** während der Steinkohlenperiode 114

Gleichartigkeit in der marinen und unteren productiven Abtheilung. Das Glossopteris-Festland. Verhältnisse der Atmosphäre.

Seite

5. **Die Flora der Steinkohlenperiode** 126
   Farne. Lepidodendren. Sigillarien und Stigmarien. Kalamiten und Cordaiteen.
6. **Die Entstehung der Kohlenflötze. Art der Anhäufung** 144
   Sumpfvegetation. Zusammenschwemmung. Meerespflanzen. Ältere Angaben: Leopold v. Buch, Will. Logan, H. R. Göppert. Neuere Arbeiten: D. Stur, Grand' Eury, Fayol und A. de Lapparent.
7. **Die Entstehung der Kohlenflötze. Art der Umwandlung** 166
   Vorgänge bei der Umwandlung der Pflanzen. Vermoderung. Vertorfungs- und Verkohlungsprocess.
   Versuche, die Steinkohlenbildung experimentell nachzuahmen.
   Violette, Fremy, Tappeiner. Mikroskopische Untersuchungen. H. Fischer, D. Rüst, P. Fr. Reinsch, C.W. v. Gümbel. Autochthone – allochthone Bildung der Kohle.
8. **Erklärungen zu den Darstellungen der Steinkohlenpflanzen** 186
   Die Farne. Taf. 1. Die Blattformen und die Art der Nervatur.
   Taf. 2. Die Fructification der Steinkohlenfarne.
   Die Lepidodendren. Taf. 3.
   Die Sigillarien und Stigmarien. Taf. 4.
   Die Cordaiteen. Taf. 4.
   Die Kalamiten. Taf. 5. Abbildungen von verschiedenen Theilen der Kalamiten. — Taf. 6. Idealbilder einiger Kalamiten nach Maler Josef Hoffmann's Skizzen.

„Die Steinkohlen sind die eigentliche Grundlage unserer heutigen materiellen Entwicklung.“

Ich wüsste von all den vielen die Wichtigkeit der Steinkohle feiernden Aussprüchen keinen anzuführen, der treffender wäre. Von der materiellen Entwicklung hängt das Wohl und Wehe des Einzelnen und das der Gesammtheit — des Staates ab, und wenn Zippe mit Hinblick auf Großbritanniens Welthandelsherrschaft den Satz ausspricht: „die Kohle wird zur Quelle der Macht des Staates“, so wird man denselben gleichfalls ohne sonderliche Bedenken unterschreiben können.

Eine Existenz ohne Steinkohlen können wir Culturmenschen uns kaum mehr denken, und es bezeichnen die Steinkohlen sicherlich eine der großartigsten, bei Vergleichen mit dem, was früher war und zukünftig, in hoffentlich recht ferner Zukunft, wieder einmal sein wird, um so großartigeren Phase der Menschengeschichte. Man hat die Menschengeschichte nach dem Material der Waffen und Geräthe in eine Stein-, Bronze- und Eisenperiode eingetheilt. Wenn man näher zusieht, ergibt sich, dass man die neueste Phase recht gut die Steinkohlenzeit, oder, um Missverständnissen vorzu-

beugen, das Zeitalter der Verwendung der Steinkohle nennen könnte, denn mit dem Eisen wäre es nicht so gar weit her ohne die Kohle.

Unser Verein hat als eine seiner Aufgaben stets betrachtet, über die Fortschritte unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zu berichten. Im Folgenden werde ich versuchen, auf Grund der neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Steinkohlenkunde eine die verschiedenen Richtungen berücksichtigende, gedrängte Darstellung der verschiedenen Fragen zu geben, die in Bezug auf die Kohlen, diese Grundlage der Kraftentfaltung unseres Jahrhunderts, noch gestellt werden.

Sofort muss ich jedoch bemerken, dass ich mich dabei auf die alten, echten, eigentlichen Steinkohlen beschränken werde, da sie es ja sind, auf die wir allein für lange Zeiträume werden rechnen können, also auf die Steinkohlen der Steinkohlen- oder Carbonperiode der Erde, dieses in der Erde liegende Capital, das wir, wir mögen es anfangen, wie immer wir es wollen, einfach aufbrauchen müssen, wenn wir den Nutzen gewinnen wollen, der darin steckt, dank der Kohlenstoff aufspeichernden Arbeit der Sonne in vergangenen Äonen. Was wir davon nehmen und verbrauchen: es ist unwiederbringlich verbraucht und verloren, das steht fest, es wird sich nur darum handeln können, die Zeit der Verarmung recht weit hinauszuschieben. Um uns darüber ein Urtheil bilden zu können, werden wir gut thun, das Auftreten der fossilen Brennstoffe näher ins Auge zu fassen.

1.

Fossile Brennstoffe, die wir auch als Kohlen bezeichnen, sind alle jene kohlenstoffreichen Verbindungen, die wir aus den geschichteten Ablagerungen vergangener Perioden und Epochen dem Schoße der Erde entnehmen. Sie sind Verbindungen von der Menge nach vorwaltendem Kohlenstoff mit Wasserstoff und Sauerstoff und haben die Eigenschaft, sich beim Erhitzen mit Sauerstoff zu verbinden und zu verbrennen.

Wir haben dabei nach den geologischen Vorkommen und nach physikalisch-chemischen Eigenschaften zwei Haupterscheinungsformen der fossilen Kohle zu unterscheiden: die geologisch jüngeren tertiären Braunkohlen und die geologisch älteren Schwarzkohlen, oder Steinkohlen im engeren Sinne. Die ersteren sind manchmal schon durch ihre braune Farbe und ihre mehr oder minder deutliche Holzstructur zu erkennen (Lignite), oder es ist die braune Farbe des Pulvers („Strich"), wie man sie beim Reiben auf einem Bisquittäfelchen („Strichtafel") oder beim Ritzen mit der Messerspitze erhält, leitend. Nicht selten sind aber das Aussehen allein und der „Strich" nicht hinreichend zur Unterscheidung, und müssen noch weitere Eigenschaften herbeigezogen werden, um Braun- und Schwarzkohle sicher zu unterscheiden, besonders dann, wenn structurlose (dichte), schwarz gefärbte, lebhaft glänzende und spröde Glanzkohle oder dichte, mattglänzende, wenig spröde Pechkohle vorliegt.

Freilich gibt schon die Behandlung der Braunkohle mit Kalilauge in vielen Fällen eine recht charakteristische Wahrnehmung, indem sich die Kalilauge infolge der Bildung von ulminsaurem Kali braun färbt. Ganz dieselbe Braunfärbung erfolgt jedoch auch bei der so viel älteren englischen Kännelkohle und bei mancher Kreide- und Jurakohle (so auch beim Gagat oder Jet). Die alten schwarzen Glanzkohlen werden freilich von Lösungsmitteln überhaupt nur wenig angegriffen, doch entsteht ja auch aus Steinkohlen bei Behandlung mit Salpetersäure, besonders wenn diese mit chlorsaurem Kali angewendet wird (Fr. Schulze'sches Reagens), eine in Alkalien lösliche Masse. P. Kremers hat auf die Verschiedenheit der Destillationsproducte der verschiedenen Kohlen hingewiesen, indem Steinkohlen stets ammoniakalische Producte, Braunkohlen aber (in der Regel) essigsaures Ammon und freie Essigsäure liefern. L. Schinnerer und Th. Morawsky endlich benützen zur Unterscheidung das verschiedene Verhalten der Kohlen gegen schmelzendes Kali- oder Natronhydrat, indem die mit Schwefelsäure behandelte Braunkohlenschmelze an Äther eine braune, beim Verdunsten zurückbleibende Masse abgibt, die durch Destillation als ein krystallisiertes Sublimat erhalten werden kann („Brenzcatechin“).[1])

---

[1]) Bericht d. deutsch. chem. Gesellsch., IV, S. 185. Vergl. darüber Dr. Fr. Muck, Steinkohlenchemie, 1881, S. 127.

P. F. Reinsch[1]) hat die Meinung ausgesprochen, dass die aus gewissen Kohlen in so großer Menge erhaltene amorphe, undurchsichtige, in Kalilauge mit dunkelbrauner Farbe lösliche Substanz (in der russischen Papierkohle in größter Menge [5—15 %] enthalten) auch in den übrigen Steinkohlen in größerer Menge, als man gewöhnlich annimmt, enthalten sei, nur in einer in Alkalilösung unlöslichen Form.

Das äußerste Glied der Schwarzkohlen bilden die Anthracite und unter diesen speciell eine Varietät von Olonez am Onegasee in Russland, die von Prof. Inostranzeff in Petersburg untersucht wurde[2]) und in ihren Eigenschaften als zwischen Anthracit und Graphit stehend erkannt wurde. Der Kohlenstoff steigt dabei, bei Hinweglassung des Wassergehaltes, auf mehr als 98 % und ist dieser Anthracit besonders durch seine elektrische Leitungsfähigkeit ausgezeichnet, eine Eigenschaft, die er mit dem Graphit gemein hat.

Der Anthracit, schwarz, lebhaft, oft halbmetallisch glänzend und muschelig brechend, ist härter und schwerer (1·4—1·7) als die gewöhnliche Steinkohle, sehr kohlenstoffreich (90—95 %), brennt nur bei lebhaftem Luftzuge ohne zu schmelzen mit schwacher oder ohne Flamme und ohne zu rauchen oder zu riechen. Je nach der Farbe der Asche wird der amerikanische

---

[1]) Dinglers Polytechn. Journ., 1885, S. 224.
[2]) Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1880, I, S. 97—124.

Anthracit in solchen mit weißer (leichter schmelzender) oder rother Asche unterschieden.

Bei den Schwarzkohlen unterscheidet man viele verschiedene Varietäten.

Die bituminösen Steinkohlen sind etwas weniger reich an Kohlenstoff (90—75 %), haben einen ebenen Bruch, brennen mit heller Flamme, mit starkem Rauch und aromatisch-bituminösem Geruch und enthalten eine größere Menge flüchtiger Stoffe. Beim Erhitzen mit Kalilauge färben sie diese entweder gar nicht oder nur licht gelblichbraun. Nach verschiedenen anderen Eigenschaften hat man verschiedene Sorten unterschieden:

Die Blockkohle zerfällt infolge der Absonderungsklüfte in größere würfelähnliche Stücke. Ihr Gasgehalt steigt bis zu 34 %; sie ist für den Hochofenbetrieb tauglich, weil sie dabei nicht zerfällt und daher wie Anthracit verwendet werden kann.

Die Back- oder Kokskohle schmilzt in der Hitze und bildet kohlenstoffreicheren Koks. Zuweilen findet man die Schwarzkohle in der Nähe von Eruptivgesteinen in die Form von natürlichem Koks umgewandelt.

Die Sinterkohle hat ihren Namen von ihrem Verhalten im Feuer, sie sintert zusammen, ohne zu schmelzen, während die Sandkohlen zerbröckeln und einen erdig-lockeren Rückstand geben.

Die Gaskohle hat ihren Namen von ihrem hohen Gasgehalt, der sie zur Leuchtgaserzeugung besonders

geeignet macht. Die Kännelkohle (Cannelcoal) ist wachsglänzend und flachmuschelig, „brennt wie eine Kerze“, kokst jedoch schlecht oder gar nicht.

Pech-, Matt- und Glanzkohlen, Schieferkohlen, die abfärbenden Ruß- und Faserkohlen sind schon durch ihren Namen charakterisierte Sorten. Fette Kohlen sind kohlenstoffärmer und bitumenreicher, magere Kohlen dagegen kohlenstoffreicher und bitumenärmer. Der Bitumengehalt mancher Kohlen ist so groß, dass das Bergöl (Petroleum) in den Gruben förmlich niederträufelt, z. B. in den Kohlengruben von Shropshire (nach Naumann II, S. 470). Erwähnenswert ist für die Steinkohlen die Wechsellagerung, in welcher man Matt- und Glanzkohlen antrifft.

Interessant sind auch die Übergänge zwischen Anthracit und bituminöser Kohle, welche man Semianthracit (bis 12) und semibituminöse Kohlen (zwischen 12 und 20 % Bitumen) zu nennen pflegt. In Amerika und auch in anderen Revieren hat sich gezeigt, dass das Vorkommen von Anthracit oder bituminöser Kohle von tektonischen Verhältnissen abhängt, so dass dort, wo die Schichten ungestört liegen, die Kohlen bituminös sind, dagegen überall dort, wo weitergehende Störungen eingetreten sind, Anthracit verbreitet ist.

Manche Kohlenvarietäten werden auf bestimmte Pflanzenstoffe bezogen; so bestehen beispielsweise nach Gümbel die Glanzkohlen hauptsächlich aus Rinden und Holz, die Mattkohlen aus Blättern. Besonders gasreich ist auch die dunkelbraune und weiche, neben

manchen Schwarzkohlen auftretende Bogheadkohle. Sie wird von Roth geradezu als ein mit Paraffin und bituminösen Stoffen getränkter Schieferthon gezeichnet.

Am weitesten in der Zeit zurück reicht in der Regel der Anthracit, obgleich er sich auch, wie schon erwähnt, in derselben Schichte findet, aus welcher andererorts bitumenreiche Kohlen gewonnen werden.

Daubrée in seinen synthetischen Studien zur Experimental-Geologie [1]) führt als ein Beispiel, dass die durch mechanische Wirkungen geweckte Wärme Veränderungen in den Gesteinen bedingen kann, die Verhältnisse in den Steinkohlenbecken von Mons und Valenciennes an, wo die Steinkohlen aus den fetten in den halbfetten und endlich in den mageren Zustand übergehen, je mehr man zu den tiefer gelegenen Schichtengruppen kommt. Das mächtige senkrecht stehende Flötz zu Creusot wird, so fett es am Ausgehenden ist, mit zunehmender Tiefe geradezu anthracitisch.

Auf ähnliche Verhältnisse hat schon Rogers in seinen Arbeiten über die Anthracite der Appalachen hingewiesen, [2]) die sich im Osten finden, wo die tektonischen Störungen und Faltungen des Gebirges am bedeutendsten sind, während nach Westen hin, wo die Faltungen zurücktreten, die Steinkohlen also geringeren

---

[1]) Deutsch von Dr. Ad. Gurlt. Braunschweig 1880, S. 351.

[2]) American Geologist, 1843, S. 433.

Pressungen ausgesetzt waren, der Bitumengehalt steigt, so dass sich in derselben Schichte die verschiedenen Ausbildungsformen zeigen, unter Verhältnissen, welche es kaum bezweifeln lassen, dass man es dabei mit Veränderungen zu thun hat, die durch Druckkräfte hervorgerufen wurden, wodurch, wie Daubrée annimmt, eine Erhitzung eingetreten sei, die eine Art langsamer Destillation bewirken musste.

Dass solche Vorgänge nicht auf die alten Kohlen beschränkt blieben, sondern dass auch jüngere Kohlen durch ähnliche Kräfte ähnlichen Veränderungen ausgesetzt waren, mögen die Kohlen des Balkan zeigen. Seit dem Ende der sechziger Jahre sind Mittheilungen über das Vorkommen von Kohlen in der Kammregion des Balkan bekannt und die betreffenden Vorkommnisse auch mehrfach von Fachleuten besucht worden, welche auf Grund der Beschaffenheit der Kohle ein hohes Alter dafür in Anspruch nahmen. Mir selbst war es vergönnt, bei meinen Reisen im centralen Balkan den sicheren Nachweis zu erbringen, dass in den die Kohle begleitenden Gesteinen Blätter von Laubpflanzen sich finden, dass somit die Kohle unmöglich älter als jungkretacisch sein könne, trotzdem sie die petrographischen Eigenschaften, wie sie gewöhnlich den älteren Kohlen zukommen: schwarzen Strich, Bitumenlosigkeit, hohen Brennwert etc., an sich trägt. Auch hier sind die betreffenden Schichten weitgehenden Störungen ausgesetzt gewesen und ist wohl auf diese die Umwandlung zurückzuführen.

Doch damit komme ich schon auf Erörterungen, die ich erst in dem zweiten Theile meiner Auseinandersetzungen behandeln wollte.

Die großartigste Entwicklung finden die Schwarzkohlen in der nach dem Vorkommen genannten Steinkohlen- oder Carbonperiode oder kurzweg im Carbon, bekanntlich einem der jüngeren Hauptglieder der das Alterthum der Erdgeschichte repräsentierenden großen (paläozoischen) Aera, und gerade diese Lager sind es, welche für das Menschengeschlecht von so hoher Bedeutung wurden, und welche den Gegenstand meiner beiden Vorträge bilden.

Außerdem finden sich Schwarzkohlen auch in der auf das Carbon folgenden Dyasperiode, sowie auch in den Ablagerungen der großen Zeitabschnitte des Mittelalters der Erdgeschichte, der mesozoischen Ära [1]), in der Trias (z. B. Lunz in Niederösterreich), im Lias (z. B. Gresten in Niederösterreich, Fünfkirchen und Steyerdorf in Ungarn) und in der Kreide (z. B. in der Gosauformation bei Grünbach unweit Wr.-Neustadt).

Zu den Kohlen der mesozoischen Ära gehört beispielsweise auch der Gagat (Jet[2]) der seiner Gleichmäßigkeit und Zähigkeit wegen mehrfach zu Schmuck, Ziergeräthen und Rauchrequisiten verarbeitet wird und in seinen beliebtesten Formen aus dem Lias

---

[1]) Paläozoisch — mesozoisch — känozoisch: Ablagerungen mit alten, mittelalterlichen und neueren Thierformen.

[2]) Der schwarze Bernstein der Alten, nach dem *Flusse* Gaga in Lykien so genannt.

von Witby und neuerlicher in dünnen Platten aus dem oberliassischen, durch seine Ichthyosaurierreste bekannten Posidonienschiefer von Boll in Württemberg gewonnen wird. Nach Witby bringt man auch Gagat aus Spanien (nach Quenstedt). Auch im Grünsand der Languedoc in Südfrankreich findet sich Gagat. In England wird auch die schwerere Kännelkohle zu Jetschmuck verarbeitet.

Der Gagat, der auf Cycadeenreste zurückgeführt wird, schließt sich in Bezug auf seinen Strich und auf sein Verhalten gegen Kalilauge schon an die **Braunkohlen** an.

Welch große Mächtigkeit die Braunkohlenflötze erreichen können, das zeigen wohl diejenigen des nordwestlichen Böhmen am besten, welche in den, den von Eger bis an die Elbe reichenden Südhang des Erzgebirges begleitenden Becken lagern. Mächtigkeiten des einen großen Hauptflötzes von 10—20 *m* sind nicht selten, zwischen Brüx, Komotau und Oberleitensdorf schwillt es aber bis 30, bei Bilin sogar bis 40 *m* an. In den Tagbauen der Dux-Bodenbacher Eisenbahn bei Liptiz ist der Flötz 33 *m* mächtig. Es darf uns bei solchen Flötzdimensionen nicht wundern, wenn die Braunkohle im Saaz-Teplitzer Becken, einem Reviere von circa 900 *qkm*, auf 700 Millionen Tonnen geschätzt wurde.

Braunkohlen finden sich der Hauptsache nach in den Neuzeitablagerungen, den känozoischen Bildungen, die im Gegensatz zu den älteren, „primären und secundären Ablagerungen“, als „tertiär“ bezeichnet werden.

Sie werden gleichfalls in eine größere Zahl von Varietäten unterschieden, von welchen nur die Namen angeführt werden sollen:

Glanzkohlen, Pechkohlen, welche an die gleichnamigen Varietäten der Schwarzkohlen erinnern, die zum Theil erdige, an den Torf erinnernde braunschwarze Moorkohle, die dünn geschichtete, zäh lederartige bis papierartige Blätter-(Papier-)Kohle oder Dysotil, welche oft eine Menge von Blättern, Früchten und Blüten, aber auch Insecten, Fische, Frösche u. dgl. umschließt. Ist die Holztextur deutlich zu erkennen (es ist zumeist Coniferenholz), so nennt man die Braunkohle Lignit, der z. B. bei Köflach, Wolfsegg („Traunthal“) am Hausruckwald und an vielen anderen Punkten, und zwar in oft sehr mächtigen Lagern abgebaut wird.

Die letztgenannten Formen schließen sich recht innig an die in der jüngsten Zeit entstandenen und in der Gegenwart sich fortbildenden Torfablagerungen an, die einzigen genauer studierten Anhäufungen verfilzter pflanzlicher Stoffe der Gegenwart, die hauptsächlich in der nördlich gemäßigten und kalten Zone in großer Verbreitung auftreten und nach den verschiedenen Vegetationsformen unterschieden wurden:

Moostorf (*Sphagnum*, Torfmoos etc.), Wiesentorf (Gräser, Riedgräser, Binsen etc.), Heidetorf (Heidekräuter: *Erica*, *Calluna*, *Vaccinium* etc.), Wald- oder Holztorf (Wurzeln und Stammtheile), der Blätter- und Papiertorf, der seinen Namen seiner

leichten Absonderung verdankt, seine Entstehung aber oft fast ausschließlich Grasblättern.

Auch Meertorf ist hie und da an Küsten angetroffen worden und auf Anhäufung vermodernder Tange zurückzuführen.

Nach der Art des Vorkommens hat man Hochmoore und Wiesen- oder Grünlandsmoore unterschieden; die ersteren, in Lagen, die der Inundation entrückt sind und mit weichem Wasser gespeist werden, verdanken ihren Namen den eigenartigen Emporwölbungen der centralen Theile des Moores, infolge der Wasseraufsaugung in der Moorvegetation, die unter Umständen so weit geht, dass es zu Ausbrüchen des Moores, d. h. zur Bildung von oft großartigen Moorschlammströmen kommen kann. Die Grünlandmoore stehen unter dem Einflusse der Überflutungen (Inundationen). Schon die wenigen Andeutungen mögen genügen, die Verschiedenheit dieser Bildungen vorläufig anzudeuten.

Von hohem Interesse, seiner großen physikalischen Ähnlichkeit mit den Pechkohlen wegen, ist der Dopplerit, eine schwarze, im frischen Zustande sehr wasserreiche (87 %), geschmeidige und elastische Masse, die sich zuerst in einem Torflager bei Aussee in großer Mächtigkeit fand und später auch bei Appenzell und bei Obbürgen in Unterwalden in der Schweiz gefunden wurde. Auch am Grunde der irischen Moore soll Dopplerit vorkommen. Er löst sich in Kalilauge fast ganz auf und entspricht der auch im gewöhnlichen Torf

enthaltenen, in Kalilauge löslichen Substanz, die sich neben der nur halbverwesten Pflanzensubstanz vorfindet. Trocken ist er mattschwarz mit starkem Glasglanz auf den muscheligen Bruchflächen; sein Strichpulver ist braun; er „brennt kaum mit Flamme“. Kaufmann, der eine genaue Untersuchung des Dopplerit von Obbürgen vorgenommen hat,[1]) sprach die Meinung aus, dass er das erste Stadium des Steinkohlebildungsprocesses gebildet haben möge.

In flachen muldigen Becken oder in breiten Flussthälern mit sehr geringem Gefälle, oder in stagnierenden Tümpeln wird bei beständiger Feuchtigkeit sich die Torfbildung einleiten.

Was die Ausdehnung und Mächtigkeit der Torfmoore anbelangt, so hat Senft in seiner noch heute mustergiltigen Arbeit über Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen[2]) ausführliche Mittheilungen gemacht, aus welchen einerseits hervorgeht, dass sich in jedem Torflager drei ihrer Beschaffenheit nach verschiedene Etagen mit unbestimmten und sich ändernden Grenzen unterscheiden lassen, eine untere schwarze oder schwarzbraune, fast nur aus amorpher Torfsubstanz bestehende, die er die mehr oder weniger reife Schichte nennt, eine mittlere hellbraune, aus einem Gemenge von amorpher Torfsubstanz und Wurzelgeweben zusammengesetzte, und eine obere gelbbraune,

---

[1]) Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanst., 1866, 283—296.
[2]) Leipzig 1862, S. 153—168.

nur aus einem Filze von deutlich erkennbaren Pflanzenresten bestehende unreife Schichte. Die Torfe Irlands werden bis 17 *m*, jene in Gebirgen nur 3—5 *m* mächtig. In Lithauen kennt man Moore, deren Mächtigkeit 10 bis 12 *m* beträgt, in Norddeutschland erreicht der Torf im allgemeinen 4—8 *m*. Während die Grünlandsmoore nur 1—2·3 *m* mächtig werden, wird das Hochmoor von Dümmersee (Nordwestdeutschland) bei 10 *m*, das Erdinger Hochmoor in Bayern über 6 *m* und das Neuburger Donauhochmoor in seinem oberen Theile 6—10 *m* mächtig.

Was die Flächenräume der Torfmoore anbelangt, so nehmen diejenigen Bayerns nach Sendtner gegen 20 Quadratmeilen (circa 1000 *qkm*) ein; das Erdinger Moor allein ist über 250 *qkm* groß, das Neuburger Donaumoor erreicht bei 200 *qkm*. Viel größere Flächen bedecken die Emsmoore in Nordwestdeutschland; alle zusammen nehmen etwa $^1/_6$ der Provinz Hannover ein, nämlich über 7000 *qkm*. In Hinterpommern, im Lebabruch, sind etwa 280 *qkm*, in Irland etwa 10.000 *qkm* (3 Millionen Acres nach Wright, $^1/_{10}$ der ganzen Oberfläche nach Lyell) vertorft. Die Ausdehnung der Moorflächen in den Tundren Nordrusslands und Sibiriens anzugeben, ist dermalen noch nicht mit Sicherheit möglich, auf jeden Fall sind sie von noch weitaus größeren Flächenräumen.

Näher auf die Vergleiche zwischen Braun- und Steinkohlen und Torfbildungen wollen wir bei einer späteren Gelegenheit eingehen, wenn wir über die Entstehungsgeschichte der Kohlen sprechen werden. —

Übersicht über die chemische Zusammensetzung einiger fossilen Brennstoffe im Vergleiche mit Holz und Torf.[1])

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Schwefel	Asche	Wasser
1. Getrocknetes Buchenholz	49·89	6·07	43·11	0·93	—	—	—
2. Dänischer Waldtorf.	51·47	5·96	31·51	1·17	0·22	9·67	(12·10)
3. Moostorf von Tiefenau in Baden . .	53·59	6·33	26·30	1·54	—	12·24	(18·12)
4. Lignitische Braunkohle von Gloggnitz	57·71	4·49	22·14		3·12	12·54	(25·15)
5. Donawitz bei Carlsbad, gelbbraune Wachskohle	58·66	6·19	15·89	0 49	—	7·40	(11·37)
6. Waakirchen bei Tölz, Pechkohle. .	66·89	4·64	16·66	1·33	3·12	7·38	(7·00)
7. Miocäne Glanzkohle von Monte Bamboli.	73·63	5·28	17·89		—	3·20	—
8. Gosaukohle von Grünbach bei Wr.-Neustadt	69·66	4·29	17·42		1·71	6·92	(6·6)
9. Gagat aus dem Lias von Holzmaden, Württemberg	71·0	7·7	21·3	—	—	0·9–2·9	—

10. Liaskohle von Fünfkirchen (Backkohle)	78·08	3·91	7·32		—	10·69	(1·10)
11. Saarbrücken (Duttweiler)	72·58	4·18	9·17	0·61	—	13·46	(1·7)
12. Königsgrube in Oberschlesien (Gerhardtsflötz)	79·51	4·87	12·96		—	2·66	(4·15)
13. Lancashire, Kännelkohle (Wigan) .	80·07	5·53	8·08	2·12	1·50	2·70	(0·9)
14. Klein-Schwadowitz in Böhmen . . .	80·50	3·55	11·59		0·37	3·83	(0·16)
15. Newcastle (Hausbrandkohle von Hanswell)	83·47	6·68	8·17	1·42	0·60	0·20	—
16. Creuzot, Frankreich (Fettkohle) . .	87·18	4·35	6·99		—	1·06	(0·42)
17. Pittville, Pennsylvanien (Anthracit) .	89·21	2·43	3·69		—	4·67	—
18. Wales (Anthracit)	91·44	3·36	2·58	0·21	0·79	1·52	(2·44)
19. Grouchesski, Russland (Anthracit) .	95·08	1·33	1·96		—	1·63	(4·08)

[1]) Vergl. Justus Roth, Allgem. und chemische Geologie, II, 1887.

Hierher, zu den thatsächlich erkannten Verhältnissen, sind aber die Ergebnisse der Analysen zu stellen, wobei nur eine Auswahl von Kohlen verschiedenen geologischen Alters angeführt und mit der Zusammensetzung von Holzsubstanz und Torf in Vergleich gebracht werden soll. (Vergl. vorstehende Tabelle.)

Wenn man die Aschenanalysen in Betracht zieht, so findet man, dass dieselben überaus verschieden sind.

	Bei 10 verschiedenen Torfarten	Bei 9 verschiedenen Braunkohlen	Bei 10 verschiedenen Steinkohlen
Sand und Thon .	1·78—49·03 (In Säuren unlöslich)	0—44·02	—
In Alkali lösliche Kieselsäure . .	0·74—16·00	0—39·10	1·70—61·43
Thonerde . . .	1·46— 9·76	1·23—29·50	2·12—41·10
Eisenoxyd . . .	11·40—37·50	5·01—32·78	2·09—74·02
Magnesia . . .	Spuren — 4·26	0— 7·04	0·26— 9·74
Kalk	8·69—48·16	4·90—45·60	1·08—19·22
Natron	0·16— 3·03	0— 1·86	0— 2·20
Kali	0·15— 2·31	0— 2·38	
Schwefelsäure .	1·41—25·61	0·80—25·51	0·24—10·71
Phosphorsäure .	Spuren —11·28	0— 0·65	0— 3·01
Kohlensäure . .	1·35—24·47	0—13·52	—
Schwefel . . .	—	—	0— 0·41
Chlornatrium. .	Spuren — 3·17	—	—

Der Aschengehalt der Kohle ist nicht nur auf die bei verschiedenen Pflanzen so verschiedene Aschenmenge zurückzuführen, sondern ist sowohl durch Auslaugung

als auch durch Zufuhr, und zwar sowohl in Form von Lösungen als auch durch mechanisch eingeschwemmte und eingewehte Theile: Staub, Sand und Schlamm, verändert worden. Auf chemischem Wege werden auch aus verschiedenen gelösten Stoffen neue Verbindungen gebildet, so z. B. aus Vitriollösungen unter Mitwirkung der vermodernden organischen Substanzen Schwefelmetalle (Kiese).

Für die Wertbestimmung der Kohlen ist der Brennwert ausschlaggebend. Die beim Verbrennen erzeugte Wärme kann gemessen werden in Bezug auf die dabei erzeugte Wärmemenge oder die Brennkraft, dem specifischen (nach dem Volumen) oder absoluten Wärmeeffect (nach dem Gewichte bestimmt), oder in Bezug auf den Grad der Wärme, die Intensität der Wärme oder die Heizkraft (den pyrometrischen Wärmeeffect[1]).

Die Bestimmungen werden durch Vergleich gefunden und in Verhältniszahlen angegeben.

Man weiß, dass ein Gewichtstheil Kohlenstoff (wenn er zu Kohlensäure verbrennt) 8080 Gewichtstheile Wasser, dass jedoch ein Gewichtstheil Wasserstoff 34.462 Gewichtstheile Wasser von 0^0 auf 1^0 C. erwärmen kann, welche Verhältniszahlen man Wärmeeinheiten oder Calorien nennt, womit also der absolute Wärmeeffect gegeben wäre. Dieser Effect hängt von

---

[1]) Ausführlich in K. v. Hauer's Untersuchungen über den Brennwert der Braun- und Steinkohlen, Wien 1862, oder in Rudolf v. Wagner's Chem. Technologie, 10. Aufl., 1875.

der Menge des verbrauchten Sauerstoffes ab und ist beim verbrennenden Wasserstoff etwa 4·26 mal größer als jener des Kohlenstoffes. Bei den Brennstoffen muss berechnet werden, wieviel Wasserstoff der in denselben enthaltene Sauerstoff in Anspruch nimmt, und man erhält dadurch diejenige Wasserstoffmenge, welche nebst dem Kohlenstoffe unter Wärmeentwicklung verbrannt wird. v. Hauer rechnet für jeden Gewichtstheil Kohlenstoff rund 8000,[1]) für jeden nutzbar bleibenden Gewichtstheil Wasserstoff 36.000 Wärmeeinheiten. Eine Unsicherheit der Bestimmung liegt in dem Umstande, dass man nicht sicher angeben kann, wieviel Sauerstoff des Materials sich mit dem Wasserstoff und wieviel mit Kohlenstoff verbindet. Die Bestimmung erfolgt (nach Berthier) z. B. mit Hilfe von Bleiglätte (Bleioxyd) oder Bleiglätte und Chlorblei, die einem Gramm feinst gepulverter Kohle beigemengt und damit in einem zugedeckten Tiegel heftig erhitzt werden, nach der Menge des durch Abgabe des Sauerstoffes an die verbrennende Kohle entstandenen („reducierten") Bleies. Die Anzahl Gramme Blei mit den Erfahrungszahlen multipliciert, gibt die Wärmeeinheiten oder Calorien. Auch Kupferoxyd kann ähnlich so angewendet werden (Strohmeyer). Der absolute Wärmeeffect wurde auch (nach Karmarsch) nach der Dampfmenge von bestimmter Temperatur angegeben, welche

---

[1]) Beim Verbrennen zu Kohlenoxydgas nur 2474 Wärmeeinheiten.

durch eine Gewichtseinheit des Brennmaterials erzeugt wird. Der specifische Wärmeeffect kann durch Umrechnung mit Berücksichtigung des specifischen Gewichtes der betreffenden Kohle leicht gefunden werden.

Ganz besonders wichtig ist der pyrometrische Wärmeeffect, da von der Erreichbarkeit eines gewissen Hitzegrades die Verwendbarkeit eines Heizmaterials abhängt. Man kann z. B. Gusseisen mit Holz nicht zum Schmelzen bringen, da es nicht die dazu nöthige Temperatur von 1600—1700° C. gibt; verkohlt, wobei etwa 25 Procent des absoluten Wärmeeffectes geopfert werden müssen, wird der nöthige pyrometrische Wärmeeffect leicht erreicht.

Der pyrometrische Effect, in Graden Celsius, ergibt sich aus dem absoluten Wärmeeffect in Calorien, wenn man denselben mit dem der relativen Gewichtsmenge des Verbrennungsproductes multipliciert, und durch dessen specifische Wärme dividiert.

Beispielsweise sind nach K. v. Hauers Darstellung zur Verbrennung von einem Kilo Kohlenstoff in Luft 2·66 Kilo Sauerstoff nothwendig; dabei scheidet sich (da auf ein Kilo Sauerstoff nach dem Mengungsverhältnisse der Luft, in der auf 23·1 Gewichtstheile Sauerstoff 76·9 Gewichtstheile [= 1 : 3·33] Stickstoff entfallen) $2{\cdot}66 \times 3{\cdot}33 = 8{\cdot}88$ Kilo Stickgas aus, das sich mit den 3·66 Kilo Kohlensäure mengt. Es ergibt sich somit in diesem Falle der pyrometrische Effect aus: $\frac{8000}{(3{\cdot}66 \times 0{\cdot}221) + (8{\cdot}88 \times 0{\cdot}2754)} = 2460^{0}$ C.

Mittlere Brennwerte einiger österreichisch-ungarischer Kohlen (nach K. v. Hauer).

	Wasser %	Asche %	Koks %	Calorien	Äquivalent
1. Reschitza-Doman im Banat (Steink.-Form.)	0·8	1·7	79·4	7229	7·26
2. Brandau, Erzgebirge (Anthracit)	—	9·7	—	6622	7·9
3. Padochau, Rossitz (Steink.-Form.) . . .	1·0	5·0	—	6347	8·25
4. Mähr.-Ostrau, Nordbahn (Steink.-Form.).	1·2	6·3	74·4	6278	8·4
5. Karwin (Steink.-Form.)	0·9	2·9	64·0	6192	8·45
6. Kladno, Layerschacht	1·85	8·1	—	5903	8·5
7. Nürschan, Pilsener Becken.	4·4	5·68	53·5	5780	9·08
8. Brandeisl, Becken von Schlan	4·8	5·37	—	5517	9·47
9. Kounowa, Rakonitzer Revier	10·8	10·4	—	5475	9·55
10. Jaworzno, Galizien (Steink.-Form.) . . .	13·18	5·64	—	4782	10·98
11. Fünfkirchen, Ungarn, (Liaskohle)	0·75	5·9	—	6898	7·55
12. Steyerdorf, Banat (Liaskohle)	2·14	1·74	65·18	6451	8·1
13. Grünbach bei Wr.-Neustadt (Kreidekohle) .	4·4	4·58	—	5333	9·84
14. Sylthal, Siebenbürgen (tertiäre Pechkohle) .	2·1	6·5	57·8	5582	9·4
15. Eibiswald, Steiermark (Tertiär)	10·0	2·58	—	4955	10·63
16. Häring, Tirol (Eocän)	7·7	3·2	47·3	4734	11
17. Dux, Böhmen (Tertiär)	17·8	2·2	—	4570	11·5
18. Trifail, Steiermark (Tertiär)	16·5	6·6	—	4057	12·9
19. Wolfsegg-Traunthal (Lignit)	14·8	8·3	—	3730	14·05

Von großer Wichtigkeit auch für die Verwendbarkeit und somit Wertschätzung der Steinkohlen ist das Verhältnis des Wasserstoffes. Dr. H. Fleck hat in dem großen (mit H. B. Geinitz und Hartwig 1865 herausgegebenen) Werke über die Steinkohlen den Wasserstoff der Steinkohlen in einen disponiblen und nichtdisponiblen Antheil unterschieden. Als „disponibel" bezeichnet er jenen bei den fossilen Brennstoffen immer vorhandenen, nicht zur Bindung von Sauerstoff und Stickstoff benöthigten Antheil, den wir uns etwa direct an Kohlenstoff gebunden denken können, der also zur Bildung von Kohlenwasserstoff zur Verfügung bleiben würde. Nur einige Beispiele seien nach Flecks Angaben hiehergestellt:

Bei 1000 Theilen Kohlenstoff sind:

	H disponibel Theile	H nicht disponibel Theile
beim Holz	13·8	110
„ Torf.	26·95	75·12
bei der Braunkohle	35·63	54·15
„ böhmischer Steinkohle . . .	36·08	27·01
„ Steinkohle aus Saarbrücken .	30·17	27·88
„ „ „ Ostrau . . .	37·28	18·45
„ Kännelkohle	55·25	15·26
„ Steinkohle von Rossitz . . .	41·69	11·97
„ westphälischer Steinkohle . .	44·60	11·11
„ der Bogheadkohle	144·03	10·23
„ pennsylvanischem Anthracit .	24·59	3·32

Es geht aus dieser Zusammenstellung im allgemeinen hervor, dass der nicht disponible Wasserstoff bei

fortschreitendem Verkohlungsprocess rasch abnimmt. Nach Fleck hängt die Eigenschaft gewisser Kohlen, zu backen, d. h. zu Koks zu schmelzen, hauptsächlich von dem disponiblen Wasserstoffe ab, so dass jene Kohlen, welche mehr als 40 Gewichtstheile (auf 1000 Theile Kohlenstoff) enthalten, gut, solche, welche weniger davon führen, aber nur schwierig backen (Backkohlen, Sinter- und Sandkohlen). Dagegen sind jene Kohlen die besten Gaskohlen, welche wenigstens 20 Gewichtstheile nicht disponiblen Wasserstoff enthalten. Die chemische Constitution der Kohle ist jedoch trotz der Kenntnis der Mengenverhältnisse der Bestandtheile noch weit entfernt, sichergestellt zu sein. Einen ersten Versuch, die chemische Constitution der Steinkohlen darzustellen, verdanken wir Dr. A. Baltzer,[1]) welcher die Meinung aussprach, man habe es bei den Kohlen nicht, wie landläufig angenommen werde, mit reinem Kohlenstoff zu thun, dem verschiedene Mengen von Bitumen beigemengt sind, sondern mit Gemengen compliciert zusammengesetzter Kohlenstoffverbindungen, die vielleicht eine homologe Reihe bilden nach Art der aromatischen Reihe (Benzol, Toluol...), wobei Wasserstoffatome durch Sauerstoff (O), Hydroxyl (HO) oder durch kohlenstoffhaltige Radicale (Carboxyl, COOH), Methyl (CH_3) etc., oder

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Züricher naturforsch. Gesellsch., 1872, 23 S. — Vergl. auch: Neues Jahrb., 1873, S. 626, und Muck, Steinkohlen-Chemie, 1881, S. 104—115.

durch stickstoffhaltige ersetzt sein könnten. Für diese Anschauung sprechen die Vorgänge bei der trockenen Destillation der Kohlen, wobei thatsächlich die Glieder der Benzolreihe entstehen. Gegen die alte Anschauung aber spricht die Thatsache, dass man die Braunkohle in Salpetersäure vollkommen auflösen kann, was nicht möglich wäre, wenn Kohlenstoff als solcher, mit Bitumen gemengt, dieselbe zusammensetzen würde, und dass die ebenso behandelte Steinkohle Rückstände hinterlässt, die immer noch Wasserstoff enthalten, wie denn auch Koks immer noch Wasserstoff und Sauerstoff enthält. (Muck, S. 113.)

2.

Nachdem wir auf diese Weise die mineralogisch-chemischen Verhältnisse betrachtet haben, müssen wir nun unser Augenmerk auch den geologischen Verhältnissen zuwenden. Wie gesagt, werden wir uns dabei nur auf die Steinkohlen der productiven Steinkohlenformation einlassen, d. h. jener Abtheilung der Karbon-Ablagerungen, welche Kohlenflötze umschließt.

Betrachten wir eine Erdkarte, auf welcher die Karbonablagerungen ohne weitere Unterscheidung verzeichnet sind, so könnten wir einem großen Irrthum verfallen und die ganze Frage recht optimistisch auffassen. Ungeheure Areale der alten und neuen Welt werden nämlich von marinen Gebilden dieses Zeitabschnittes eingenommen. Ein großer Theil des centralen

Russland z. B. erscheint als Carbon bezeichnet, ohne auch nur eine Spur von fossilem Brennstoff zu umschließen. Auch in Großbritannien und Irland, in Belgien, in Deutschland, in den Alpen und in Spanien (Asturien und Leon), in Nordamerika auf weiten Strecken zwischen den appalachischen Bergen und dem Mississippi und im nordamerikanischen Westen, in Bolivia, in China und Japan, in Südostaustralien, aber auch weit im Norden, auf der Bäreninsel, auf Spitzbergen und Nowaja Semlja, finden wir die marine Entwicklung der Steinkohlenformation verbreitet, die wir als Kohlenkalk oder Bergkalk zu bezeichnen pflegen und als eine überaus gleichförmige, überall dieselben Typen führende Hoch- und Tiefseebildung erkennen, die Mächtigkeiten von 300 bis über 700 (in der Maasgegend, bei Dinant, 760) *m* erreicht.

An vielen Orten und auf weite Flächen hin repräsentiert diese Kalksteinbildung allein die ganze „Steinkohlenformation“. Man findet darin Fusulinen, das sind ziemlich groß werdende, kugelig oder spindelförmig gestaltete, gekammerte Schalen von Urthieren (Foraminiferen), Korallen, und zwar vorzugsweise Einzelkelche, von meist kleineren Formen oder Stöcke von prismatisch gekammerten Arten, Seelilien in großer Mannigfaltigkeit, symmetrische Zweischaler mit gewundenen, bandförmigen Athmungsorganen, die man mit Armen verglich (Brachiopoden = Armfüßler), worunter die Spiriferen (Spiralträger, nach dem eigenthümlichen Gerüste für jene Athmungs-

organe so genannt), und die im Bergkalke besonders häufigen *Productus* ohne solche Gerüste; weiters finden sich aber auch Muschelthiere, Schnecken, Kopffüßler vor und Krebse (Trilobiten in wenigen Epigonen früher sehr entwickelter Geschlechter).

Vielfach finden wir auch die Sandstein- und Schieferbildungen der carbonen Meere entwickelt, in der Ausbildung, wie wir sie uns näher den Küsten, also in Flachseezonen oder wohl direct am Strande, oder in Lagunen, Fjorden und Buchten des damaligen Meeres entstanden denken müssen. Sandsteine von verschiedener Größe des Kornes, von grobkörnigen Conglomeraten bis zu sandigen Schiefern und Kieselschiefern, wechseln mit dunklen Thonschiefern ab und zeigen wohl auch Einlagerungen von mergeligen Kalken und Plattenkalken. Auch diese Gesteine umschließen nicht selten marine Thierreste, doch fehlen die bezeichnendsten Bergkalkformen der Spiriferen, Seelilien und Korallen, dagegen findet sich eine dünnklappige große Muschel sehr häufig: die *Posidonomya Becheri* (Bechers Poseidon-Klaffmuschel) und auch einige Kopffüßlerschalen, sowohl die Geradhörner *(Orthoceras)*, als die spiralschaligen, nach ihren winkelig gebrochenen Scheidewandansatzlinien (Lobenlinien) *Goniatites* genannten Formen.

Diese subpelagischen Bildungen, welche wir nach einem englischen Localnamen als Kulm zu bezeichnen pflegen, erreichen ganz gewaltige Mächtigkeiten, sie übertreffen in dieser Beziehung den Bergkalk nicht

unbedeutend, indem sie beispielsweise in Westphalen auf 900—1000 *m* anschwellen. Das Auffälligste aber ist, dass in den Thonschiefern, welche in Mähren und Schlesien ganz ausgezeichnete Dachschiefer liefern, eine Anzahl von Pflanzenresten sich findet, die auf die unmittelbare Nähe des Landes schließen lassen, da es durchwegs Landpflanzen sind, Pflanzen jedoch, unter welchen sich eine Reihe von nur in den Kulmschichten bekannt gewordenen finden, so dass dadurch auch die gleichzeitigen Landablagerungen als ein ganz bestimmter Horizont der Karbonreihe erscheinen. Director Stur hat diesen Pflanzen eine seiner umfassenden neueren Abhandlungen gewidmet, die einen gewaltigen Band der Abhandlungen unseres geologischen Reichsinstitutes füllt,[1]) eine Arbeit, auf die wir noch mehrfach werden zurückkommen müssen.

Dieselben Verhältnisse herrschen auch in Devonshire und in Schottland (wo auch Eruptivgesteine eine gewaltige Rolle spielen), in Westphalen, in Nassau und am Harz.

Die Pflanzenarten des Kulm sind nicht entfernt so zahlreich wie in den oberen Kohlenschichten. Aus den Kulmschiefern sind etwas über fünfzig Arten bekannt geworden, darunter etwa dreiunddreißig Farne mit zum Theile riesigen Blättern. Hier sollen nur die allerwichtigsten Arten genannt werden und wird auf

---

[1]) D. Stur, Die Kulmflora, Abhandl. der k. k. geolog. Reichsanst., 1875—1878, Bd. VIII.

die Pflanzen selbst an anderer Stelle eingegangen werden.

Ein Schachtelhalm: *Archaeocalamites radiatus* Brongniart, ein „alter Kalamit“ von baumartiger Größe mit ährenförmigen Fruchtständen und gleichmäßig verlaufenden Stengelstreifen.

Von Farnen der großblätterige Herzfarn: *Cardiopteris frondosa* Göppert, der Nervenfarn: *Neuropteris antecedens* Stur und der gewaltige Schuppenbaum, *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb.

Die „Kulmformation“ wird auch dadurch von besonderem Interesse, dass wir hier den ersten mächtigeren Kohlenflötzen begegnen. Nach Sturs Forschungen haben wir die gewaltige untere Flötzzone des oberschlesischen Beckens und speciell die Kohlen des österreichischen Antheils bei Mährisch-Ostrau dem Kulm zuzustellen. Den Beweis dafür ergibt die Übereinstimmung der Flora. Es beginnt die productive Steinkohlenformation sonach eigentlich schon mit dem Kulm. Ähnlich so verhält es sich auch in Sachsen (die anthracitischen Kohlen von Hainichen und Ebersdorf).

Dass wir es dabei mit einer mit dem Bergkalk gleichzeitigen Bildung zu thun haben, das kann unter anderm die eine Thatsache beweisen, dass man im Ostrauer Kohlenrevier in drei verschiedenen Horizonten zwischen den flötzführenden Gesteinen Einlagerungen auffand, mit denselben marinen Thierformen, wie wir sie aus dem Bergkalke der Alpen (in den Gailthaler

Schichten) oder aus jenem von Visé oder Mons in Belgien kennen.

In England dagegen folgt über dem Kulm der flötzleere Sandstein oder „Millstonegrit“ (in Schottland z. B. als Moorrock bei 400 *m* mächtig), und erst darüber folgt dann das Kohlenflötze umschließende productive Gebirge, von dessen drei Hauptabtheilungen das unterste (die Gannisterreihe) dadurch ausgezeichnet ist, dass sich in ihr (und zwar an der Basis gegen den Millstonegrit) wie in Oberschlesien und Westphalen, marine Thierreste finden, zum Beweise dafür, dass noch immer vorübergehende Einbrüche des Meeres in die flachen Ufersäume erfolgten.

Die obere productive Steinkohlenformation oder, nach Stur, das eigentliche Karbon im Gegensatze zum Kulm hat Naumann in zwei Entwicklungsformen unterschieden. Je nachdem nämlich das kohleführende Gebirge über marinen Karbonbildungen folgt oder unvermittelt innerhalb der insularen Festländer jener Zeit auf oft viel älteren Gesteinen auftritt, nannte er die ersteren die paralischen, d. h. die am Meeresrande, etwa auf versumpften Uferstrecken gelegenen, die letzteren die limnischen oder die in sumpfigen Süßwasserseen entstandenen Kohlenbecken. Man spricht von Kohlenbecken, wenn sich, und es ist dies in den meisten Fällen so, die Kohlenschichten oder Kohlenflötze (von flößen = zusammenschwemmen) muldenförmig von den Rändern der betreffenden Gebiete oder Reviere gegen die Mitte derselben neigen, dahin „einfallen“.

Paralische Becken wären sonach jene in England, Belgien, Westphalen, in Nieder- und Oberschlesien, limnisch aber jene im centralen Böhmen, jenes von Rossitz, von Saarbrücken und jene im centralen Frankreich.

Die Gesteine der productiven Steinkohlenformation sind Konglomerate, Sandsteine und Arkosen, das sind feinerkörnige Trümmergesteine aus Materialien, wie sie bei der Verwitterung krystallinischer Gesteine (Granite und krystallinische Schiefer) mit Vorliebe entstehen, indem sie nahe ihrer Ursprungsstelle zur Ablagerung gelangen, außerdem aber Gesteine aus schlammigen Sedimenten, Schieferthone und die sich gerne an diese haltenden Kohlenbänke oder Flötze. Dabei sei betont, dass diese letzteren ihrer Masse nach mit den übrigen Gesteinen in einem meist recht argen Missverhältnisse zu stehen pflegen: auf hunderte von Metern Sandsteine, Arkosen und Schieferthone entfallen oft nur wenige Meter Kohlen. Eine Besichtigung des Profils (der Schichtfolge) im Pilsener Becken S. 89 mag eine Vorstellung von den verschiedenen Gesteinen der productiven Steinkohlenformation geben.

Ein Blick auf eine Weltkarte, auf der die productive Steinkohle eingetragen ist, zeigt übrigens, dass dieses Missverhältnis auch bezüglich der betreffenden Flächenräume besteht. Außer den europäischen Revieren, und sie erscheinen auch auf Karten von großem Maßstabe als winzige Flecken, werden nur die nordamerikanischen Kohlenfelder und jene von China, In-

		In Böhmen, Mähren und Schlesien	Äquivalente	Floren	Faunen
Dyas		Ottendorfer Schichten (Braunau in Böhmen) Kunowa-Schichten (Schwarte) im Pilsener Becken	Lebacher Schichten (Saarbecken)	*Walchia piniformis* *Odontopteris obtusiloba* *Callipteris conferta*	Ganoidfische. Amphibien *Archegosaurus Decheni* Stegocephalen Fauna von Pilsen, Braunau etc.
Productives Karbon	obere Abtheilung	9. Rossitzer Schichten 8. Zemech-Wiskauer Schichten 7. Radnitzer Schichten (Kännel- u. Plattelkohle) 6. Miröschauer Schichten	Flöhaer Becken u. Plauenscher Grund Griesborn im Saarbecken (Ottweiler Schichten) } St. Etienne, Centralfrankreich	**IV. Flora:** *Calamites Suckowi* *Asterophyllites equisetiformis* *Odontopteris Schlotheimii* *Cyatheites arborescens* *Cordaites borassifolia*	Land- und Süßwasserfauna der Radnitzer Schichten
	untere Abtheilung	5. Radowenzer Schichten 4. Schwadowitzer Schichten 3. Schatzlarer Schichten Orlau-Dombrau (Karwiner Revier)	Gaislautern, Grube Gerhardt und v. d. Heydt im Saarbecken Liegendflötze im Saarbecken Bochum, Eschweiler, Belgien, Nordfrankreich	**III. Flora:** *Calamites ramosus* und *Suckowi* *Sphenophyllum dichotomum* *Alethopteris lonchitica* *Neuropteris gigantea* *Sphenopteris obtusiloba* *Sagenaria Göpperti* *Sigillaria alternans*	Verarmte Karbonfauna an der Basis der Ottweiler Schichten Landfauna des Saarbeckens Marine- Süßwasser- Marine- } Fauna in Westphalen u. Belgien

Kulm	oberer (productiver)	2. Ostrau-Waldenburger Schichten	Hainichen-Ebersdorf (Sachsen) Bochum: flötzleerer Sandstein Waldenburger Liegendzug	**II. Flora:** *Sphenopteris elegans* und *divaricata* *Oligocarpia quercifolia* *Adiantides oblongifolia* *Lepidodendron Veltheimianum*	**III. Marine Fauna:** Verarmte Kulmfauna **II. Marine Fauna:** Kleine Arten
	unterer	1. Kulm-Dachschiefer mit *Posidonomya Becheri* in Oberschlesien Kohlenkalk und Kohlensandstein in Niederschlesien und Böhmen	Herborn (Nassau)	**I. Flora:** *Archaeocalamites radiatus* *Sphenopteris divaricata* *Cardiopteris frondosa* *Neuropteris antecedens* *Lepidodendron Veltheimianum* *Stigmaria inaequalis*	**I. Marine Fauna:** Im schlesischen Dachschiefer Posidonomyen, in Niederschlesien *Productus giganteus*
Das Grundgebirge		Devon in Mährisch-Ostrau —— Silur und krystallinische Gesteine im mittleren Böhmen —— Krystallinische Gesteine im Riesen- und Eulengebirge und im Rossitz-Oslawaner Becken	Devon in Belgien und Frankreich		Im Ostrau-Karwiner Becken 1. 2. 3. Im niederschlesischen Becken 1. 2. 3. 4. 5. In den innerböhmischen Becken nur 6. 7. 8. 9. Im Becken von Rossitz-Oslawan nur 9.

dien und Ostaustralien sichtbar, und in der That haben wir damit schon die Gebiete bezeichnet, welche durch ihre Kohlenschätze von ganz besonderer Wichtigkeit sind. Für uns sind aber in erster Linie die österreichischen Reviere von Interesse, welche freilich auf derselben Karte kaum sichtbar werden.

Über die relativen Altersunterschiede der verschiedenen europäischen Kohlenreviere wird ein Blick auf die Tabelle S. 38, 39 (auf Grundlage von Sturs Darstellung) das Nöthige zur Anschauung bringen, wo auch einige der außerösterreichischen Reviere in Vergleich gebracht werden.

Sie zeigt uns vor allem, dass, was die österreichischen Steinkohlenfelder anbelangt, für die verschiedenen Becken verschiedenes geologisches Alter angenommen wird, so dass die Steinkohlen des Beckens von Mährisch-Ostrau die ältesten sind, während die des benachbarten Karwin schon einer höheren Stufe entsprechen. Hier liegt die kohlenführende Schichtenreihe auf Devon und Kulm, im niederschlesischen Becken, dem auch die Kohle am Südfuße des Riesengebirges (Schatzlar, Schwadowitz, Radowenz) angehört, auf krystallinischen Gesteinen.

Die innerböhmische Kohle des Revieres von Pilsen soll viel jünger sein als die genannten, liegt jedoch unmittelbar auf Silur und auf krystallinischen Schiefern auf. Dasselbe gilt auch von Rossitz, wo nur die obersten Schichten des Pilsener Beckens vertreten sind, aber unmittelbar auf krystallinischen Gesteinen auflagern.

3.

Nun wollen wir uns zunächst der Betrachtung der einzelnen Kohlenreviere[1]) der Erde zuwenden und beginnen dabei mit jenen des dermalen die meisten Kohlen producierenden Großbritannien, um sodann die belgisch-französischen, die deutschen und österreichischen Kohlengebiete in Betracht zu ziehen. Dabei werden wir auch zugleich die wichtigsten tektonischen Verhältnisse kennen zu lernen Gelegenheit haben.

Großbritannien und Irland. Das wichtigste und die Verhältnisse erschöpfendste Werk über die Steinkohlenvorkommnisse dieses heute wichtigsten Steinkohlenlandes der Erde ist Hull's „The Coal Fields of Great Britain", London 1881 (4. Auflage), auf das wir sofort eingehender zurückkommen werden. Die großbritannischen Kohlenfelder erscheinen heute in eine große Zahl von Einzelfeldern geschieden, die

---

[1]) Vergl. darüber v. Dechen, Die nutzbaren Mineralien im Deutschen Reiche. Berlin 1873, S. 262—412. A. Schauenstein, Denkbuch des österreichischen Berg- und Hüttenwesens. Wien 1873. H. B. Geinitz, H. Fleck und E. Hartig, Die Steinkohlen Europas. München 1865, I. J. Pechar, Kohle und Eisen in allen Ländern der Erde. Weltausstellungsbericht, Berlin 1878. E. Hull, The Coal Fields of Great Britain. 4. Aufl., London 1881. H. Höfer, Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas. Ausstellungsbericht, Wien 1878. F. v. Hochstetter, Asien, seine Zukunftsbahnen und Kohlenschätze. Wien 1876. F. v. Richthofen, China. II, Berlin 1883.

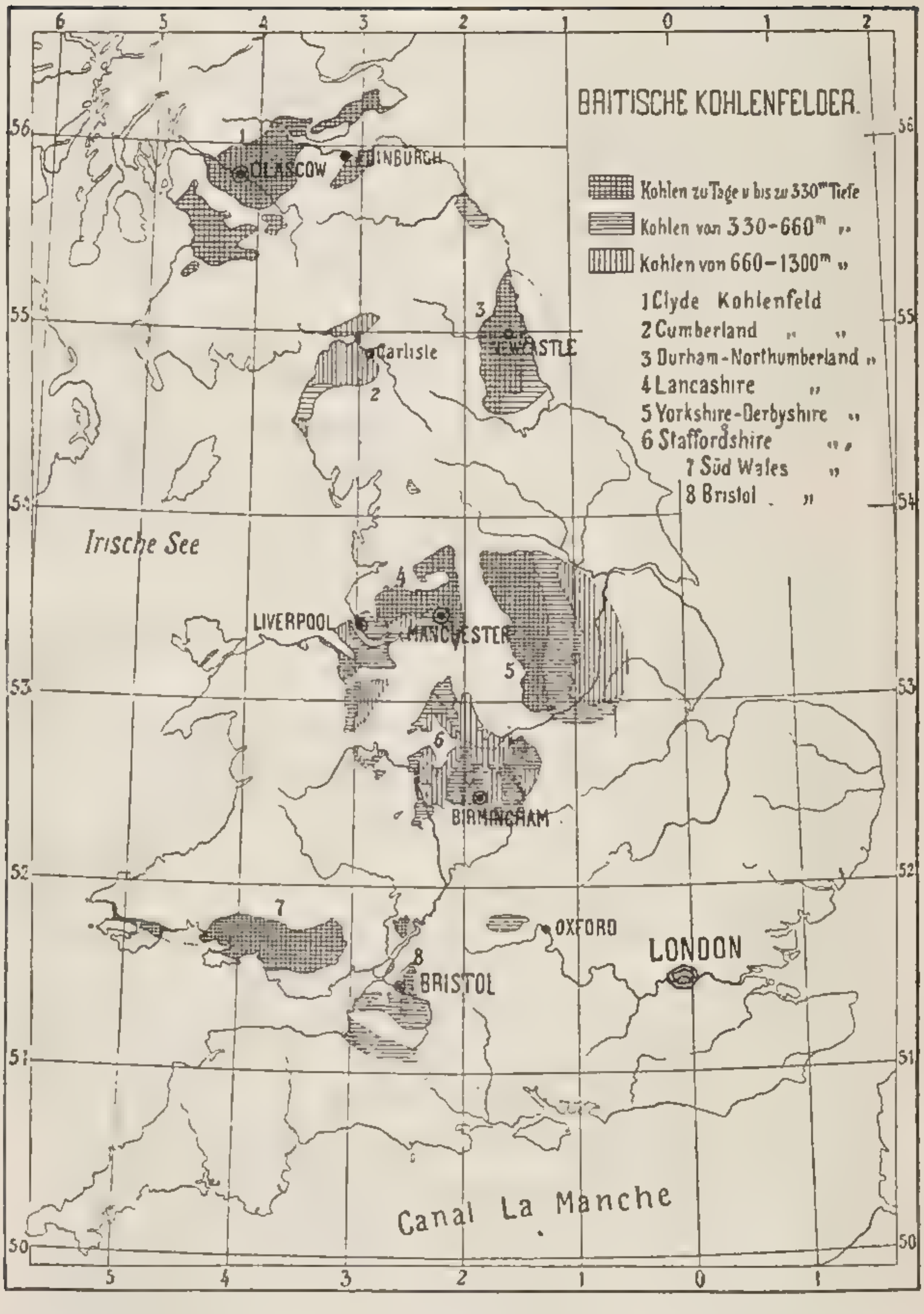


Fig. 1. Die Kohlenfelder Großbritanniens.

(Nach Hull.)

wieder gruppenweise zusammengefasst werden können. Es sind (Fig. 1):

1. Die Kohlenfelder des südlichen Wales mit den kleinen Becken im südlichen England.

2. Jene des nördlichen Wales und von Lancashire, welche gegen Ost durch einen breiten Streifen von flötzleerem Sandstein (Millstonegrit) von dem großen centralenglischen Becken von Yorkshire, und gegen Süd durch eine Überlagerung von Triasgesteinen von dem Becken von Staffordshire geschieden sind.

3. Die beiden nordenglischen Becken, das große nördliche Kohlenfeld von Northumberland und Durham (mit Newcastle als dem Centrum), das sich im Osten weit unter das Meer hinein erstreckt; und das westliche Becken von Cumberland am Solway Firth, westlich von Carlisle.

4. Die schottischen Kohlenfelder am Clyde (Glasgow), in Ayreshire und am Firth of Forth, und endlich

5. die isolierten kleinen Becken von Irland.

Diese heute getrennt erscheinenden Kohlendistricte sind als durch weitgehenden Abtrag und durch tektonische Störungen aus dem früher bestandenen Zusammenhange gebrachte Theile von einst viel größeren Einheiten zu betrachten. Nach Hull hätten wir anzunehmen, dass einst ganz Südengland von Wales bis zur Ostküste ein großes Kohlenbecken vorstellte, das seine östliche Fortsetzung ohne Zweifel jenseits des Canals fand und sich durch Belgien bis nach Aachen und in das Ruhrbecken erstreckt haben mag. Nach

Hull's Darstellung haben wir die Formierung der Becken durch zwei große Zusammenpressungsprocesse zu erklären: der erste erfolgte in nordsüdlicher Richtung am Ende der Karbonperiode, der zweite am Ende der darauffolgenden Periode (Perm) und war westöstlich gerichtet; die heutigen Becken als Einzelmulden, die durch Sättel von einander geschieden sind, verdanken ihre Entstehung diesen pressenden, „durch die Contraction der Erde geweckten Kräften". Erst nach Vollzug dieser tektonischen Störungen erfolgte die Ablagerung der bis über 1600 *m* Mächtigkeit erreichenden Sedimente der neuen rothen Sandsteine und den jüngeren mesozoischen Bildungen, die glücklicherweise durch spätere Denudation zum großen Theil wenigstens auf weite Strecken hin wieder fortgeführt wurden, sonst wäre die Gewinnung der unterirdischen Schätze weithin zur Unmöglichkeit gemacht.

Ein Blick auf das Profil, welches Prestwich durch das schmale Kohlenfeld von Pembrokeshire im südwestlichsten Theile von Wales gezeichnet hat, zeigt eine Zusammenschiebung der Schichten und eine nach Nord gerichtete Pressung und Überschiebung der älteren, hier marinkarbonen Kalke (2), wie wir es ganz ähnlich in den hochinteressanten Darstellungen aus der belgisch-nordfranzösischen Kohlenregion näher kennen lernen werden. (Fig. 2.)

Die südliche Grenze bildeten die zum Theil alten Grundgebirge von Cornwall, die Nordgrenze aber, eine Landbrücke, die aus Wales von der Cordianbay

bis an den Washbusen im Osten quer durchs Land zog. Alle die mittleren und nördlichen Kohlenfelder bis an das Grampiangebirge und wohl auch fast ganz Irland mit dazu bildeten eine nur durch ein paar alte Inseln unterbrochene Kohlenbildungsstätte. Die Unterlage des kohlenführenden Gebirges in England bildet der Millstonegrit, eine mächtige flötzleere Sandsteinmasse, der über marinen Kohlenkalk oder marinen Kalkschiefern desselben Alters liegt. Devonische Schichten

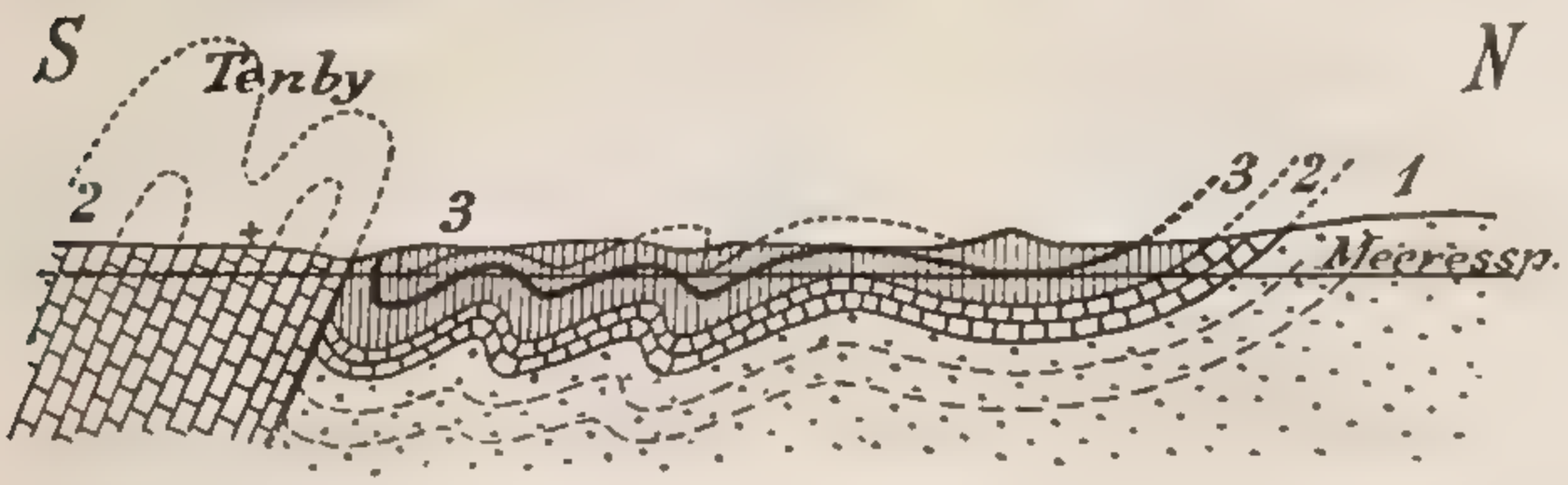


Fig. 2. Profil durch das Kohlenbecken von Pembrokeshire im südwestlichen Wales.
(Nach Prestwich.)
1 Alter rother Sandstein (Devon), 2 Kohlenkalk, 3 flötzführende Ablagerungen.

(„old red Sandstone“) bilden das Grundgebirge. In Schottland verhält sich die Schichtfolge insofern abweichend, als dort an Stelle des flötzleeren Sandsteines oder des Millstonegrits eine untere kohleführende, aus Schiefern und Sandsteinen bestehende und mit marinen Kalken wechselnde Abtheilung folgt, die eine gewisse Analogie mit den Verhältnissen im Oberschlesischen Becken zeigt. Betrachten wir beispielsweise die Verhältnisse in den große Übereinstimmung zeigenden

Kohlenfeldern von Northumberland, Durham und Yorkshire, so finden wir gleichmäßig den Millstonegrit als Unterlage und permische Kalke und Sandsteine („new red Sandstone“) als Decke. Es sind lang von Nord nach Süd sich erstreckende Becken (Fig. 3 und 4). Im großen nördlichen Kohlenfelde verflachen die flötzführenden Schichten gegen Ost, fallen somit unter das Meer ein und ist ihre Ostgrenze nicht sicher bekannt. Die kohlenführenden Schichten haben eine Mächtigkeit von fast 700 *m* mit etwa 15 *m* Kohle (in zwölf Flötzen), die beiden stärksten Flötze („high main Coal“ und „low main Coal“) erreichen jedes nicht ganz 2 *m* (6 engl. Fuß). Eine große Anzahl von oft weitgehenden Störungen durchzieht das Kohlenfeld („ninety fathom Dyke“ ist die größte), auch meilenlange „Basalt“-Gänge durchsetzen dieses Kohlengebirge.

Eduard Hull, Director der geologischen Landesaufnahme in Irland, hat, in seinem schon im Jahre 1861 in erster Auflage erschienenen, schon citierten Werke[1]) über die englischen Kohlenfelder, die bis dahin fehlenden verlässlichen Schätzungen über die Menge der Kohle der englischen Kohlenreviere zu geben versucht, und zwar sowohl in Bezug auf die bis dahin aufgeschlossenen Tiefen, als auch bis zu 4000 Fuß Tiefe unter die Oberfläche der betreffenden Terrains. Später (1866) wurde hauptsächlich infolge nicht wenig alar-

---

[1]) The Coalfields of Great Britain, their History, Structure and Resources. Vierte Auflage, London 1881.

mierender Aussprüche englischer Nationalökonomen eine eigene königliche Commission mit dem Studium dieser wichtigen Fragen betraut, deren Bericht (1871) erstattet wurde, wobei auch die Steigerung der Production infolge andauernder Zunahme des Bedarfes und die bei der Förderung nothwendigerweise sich ergebenden Verluste mit in Berücksichtigung gezogen wurden. William Armstrong hatte

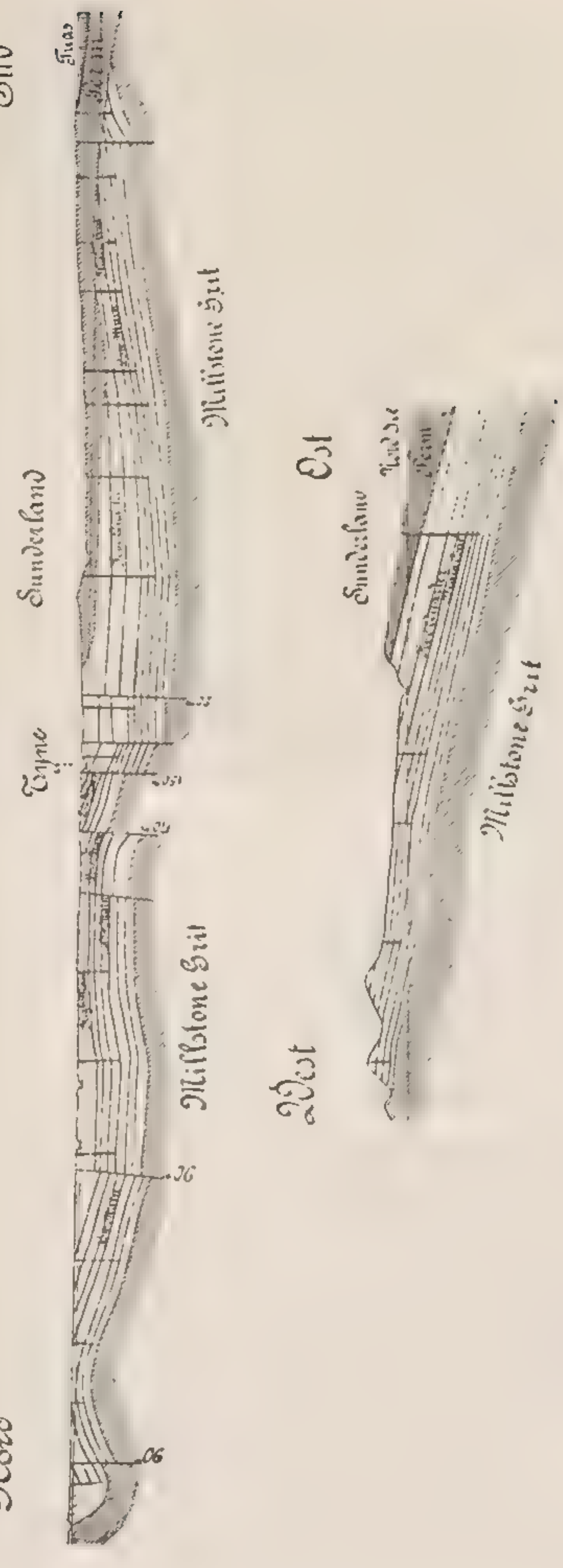


Fig. 3 und 4. Zwei Durchschnitte durch das Kohlenbecken von Newcastle. (Nach Soubeiran.)

nämlich (1863 in der Versammlung der British Association for the advancement of Science in Newcastle) den Ausspruch gethan, Großbritanniens Machtstellung und Weltseeherrschaft sei in absehbarer Zeit vergänglich, da, trotz des damals auf 80.000 Millionen Tonnen geschätzten Vorrathes der Hauptlager, bei fortsteigender Production schon in etwa 200 Jahren dieser Reichthum und damit die Quelle, auf welcher die Ausnahmsstellung Englands beruht, erschöpft sein müssten. Stuart Mill aber nahm sich der Epigonen an und verurtheilte das überegoistische Ausbeuten der heute Lebenden.

Von jener Commission wurden nicht nur die zutage liegenden kohleführenden Ablagerungen in Rechnung gezogen, sondern auch alle jene mit größerer Sicherheit unter der Decke jüngerer Ablagerungen verborgenen Massen bis zu verschiedenen Tiefen. Hull hat in seinem erwähnten Werke eine Karte beigegeben (Fig. 1), auf welcher drei Tiefenstufen berücksichtigt erscheinen: die Flächen, auf welchen die kohleführenden Ablagerungen zutage liegen, bis zu 1000 Fuß (circa 330 *m*) Tiefe, solche, auf welchen die Kohlen zwischen 1000 und 2000 Fuß Tiefe liegen (circa 330 bis 660 *m*), und endlich jene, wo die Kohle zwischen 2000 und 4000 Fuß (circa 660 und 1300 *m*) Tiefe erreichen. Alle Vorkommnisse in noch größeren Tiefen läßt Hull wohl mit vollem Recht außer Betracht, denn nach allem, was wir über die Wärmezunahme mit zunehmender Tiefe wissen, können wir mit großer Sicherheit aussprechen, dass es niemals möglich werden wird,

aus größeren Tiefen Kohle zutage zu fördern, denn unter Annahme einer mittleren Jahrestemperatur von 10^0 C und einer geothermischen Tiefenstufe von 30 *m*, d. h. eine Temperaturzunahme um 1^0 C auf je 30 *m* Tiefe, dürfte man in jener Tiefe mindestens auf 47—48, ja vielleicht 49—50^0 C rechnen, eine Temperatur, bei welcher an eine Thätigkeit des Menschen nicht mehr gedacht werden kann.

Die größten Tiefen, bis zu welchen englische Kohlengruben dermalen abgebaut werden, erreichen jene im Norden Englands, wo die „Orley mine“ bei Wigan (Lancashire Coalfield) bis zu 815 Yards (745 *m*) Tiefe vorgedrungen ist. Schächte von 760 und 700 Yards (695 und 640 *m*) sind in Südwales abgeteuft worden, um ein 4 Fuß mächtiges Flötz zu erreichen; Tiefen zwischen 360 und 460 *m* sind in Lancashire, Yorkshire und Durham nicht selten erreicht worden. In der erstgenannten Grube wurde bei 808 Yard Tiefe (738·5 *m*) im offenen Schacht 79^0, in den festen Schichten aber $93^1/_2{}^0$ F = 26^0 und 34^0 C gemessen, wonach sich in diesem Falle thatsächlich eine geothermische Tiefenstufe von fast 30 *m* (29·9 *m*) ergeben würde. Schon in wenig über 900 *m* (3000 Fuß) Tiefe aber dürfte die Temperatur gleich jener des menschlichen Körpers werden (wenig über 37^0 C); bei der in 1200 *m* Tiefe als herrschend anzunehmenden Temperatur wird, trotz aller Ventilationsvorrichtungen, ob nun diese oder jene Abbaumethode gewählt wurde, an eine irgendwie dauernde Thätigkeit eines Menschen nicht mehr

gedacht werden können. Die früher erwähnte englische Kohlencommission nahm jedoch als untere Grenze, bis zu welcher der englische Kohlenbergbau möglicherweise fortgeführt werden dürfe, eine Tiefe von mindestens 4000 engl. Fuß (1220 *m*) an.

Wie Du Bois-Reymond, der berühmte Berliner Physiologe, dargelegt hat,[1]) ist für die Tunnelarbeit die äußerste Temperaturgrenze 40 ⁰ C, wenn die Luft feucht, 50 ⁰ C, wenn sie sehr trocken ist. Dabei ist von allen anderen aus der zunehmenden Tiefe erwachsenden Schwierigkeiten des Abbaues ganz und gar abgesehen, denn die eigentliche Grenze des Vordringens wird doch nur durch die schließliche Arbeitsunfähigkeit des Menschen gebildet. Auf Herstellung einer trockenen Grubenluft werden die Bemühungen der Ingenieure in erster Linie gerichtet sein.

Von solchen Erwägungen muss bei Behandlung der Frage nach der Dauer der Ergiebigkeit der Kohlenreviere ausgegangen werden, wenn erst die räumliche Erstreckung des gesammten kohleführenden Gebietes festgestellt und jede Möglichkeit einer Täuschung thunlichst beseitigt ist. Wir wollen auch bei diesen Erörterungen unserem englischen Gewährsmanne folgen. Es ist zweifellos, dass große Kohlenmengen in weiten Revieren unter jüngeren Ablagerungen begraben liegen, Schätze, welche bis zu den kritischen Tiefen ohne sonderliche Beschwerde gehoben werden

[1]) Archiv für Physiologie. Leipzig 1879, S. 52 ff.

können. Das Wieweit? und Wieviel? muss durch genaue geologisch-bergmännische Erhebungen sichergestellt werden. Die geologischen Aufnahmen Englands sind nun heute so weit vorgeschritten, dass man die Fragen bis zu einem gewissen Grade sicher beantworten kann. Es lässt sich heute feststellen, wie weit die räumliche Erstreckung der kohleführenden Gesteine reicht, welchen Störungen der ursprünglich im allgemeinen wenigstens annähernd horizontalen Lagerung sie ausgesetzt waren und wieviel von den bedeckenden Gesteinen abgetragen worden ist.

Schon 1866 konnte Sir Roderich Murchison bei Gelegenheit der Versammlung der British Association in Nottingham den Ausspruch thun, es wäre aussichtslos, unter der Kreide des südlichen England oder im Triasgebiete östlich von den Malvern Hills auf Kohle zu schürfen, und er bestimmt genau die Grenzen der betreffenden kohleführenden Gebiete. Auch Hull für den Norden und Nordwesten und Jukes für die centralen Grafschaften haben derartige alte Grenzlinien der Verbreitung festgestellt. Auch im kohlenreichen England ist manches Capital in der Suche nach Kohle verschürft worden. Auf die Autorität Godwin-Austen hin, der die Meinung vertrat, die Schichten der productiven Steinkohlenformation, die unter dem Kalk von Thérouanne in Nordfrankreich verschwinden, müssten in der Fortsetzung der Streichungslinie unter der Kreidedecke von Calais wieder auftreten und sich bis zum Bristoler Kohlenfelde verfolgen lassen, wurden

(im Jahre 1873) Bohrungen ausgeführt, welche in einer Tiefe von 1820 Fuß englisch (= circa 550 *m*) aufgegeben wurden, ohne dass die groben Oolithe des oberen Jura durchfahren worden wären, und es ergab sich, dass eine fast ebenso mächtige weitere Schichtenreihe mesozoischer Bildungen zu durchbohren gewesen wäre, und dann wäre es erst möglich gewesen, zu sagen, welche alte Bildungen darunter lagern. So mächtig schwellen in diesem Theile Englands die im geologischen Sinne mittelalterlichen Ablagerungen an. Andererseits wurde bei einer Brunnenbohrung zu Tottenham (nördlich von London) unter den horizontal lagernden Kreidebildungen (unterer Grünsand) in circa 325 *m* Tiefe Oberdevon angefahren, dessen Schichten unter 35^0 geneigt sind, wie aus dem Bohrkern geschlossen werden konnte, ohne dass es möglich gewesen wäre, die Richtung der Neigung anzugeben. Andere Bohrungen, z. B. bei Crossness im Süden der Themse (bis zu einer Tiefe von 310 *m*), fanden ganz ähnliche Verhältnisse. Es wird als möglich angenommen, dass südlich der Themse über den Devonbildungen steinkohlenführende Schichten folgen könnten. Ob dies der Fall ist, wird erst eine weitere Bohrung ergeben können. Wie vorsichtig man mit derartigen Schlüssen sein muss, mag folgendes Beispiel beleuchten. In der östlichen Fortsetzung der kohlereichen Ablagerungen von Südwales kennt man Kohle im Osten von Monmouth (Forest of Dean-Kohlenfeld) und erbohrte auch in derselben Richtung weiterhin in der Nähe von Oxford Kohle in 360 *m*

Tiefe (bei Burford), in derselben Linie wie bei Ware in Hertford erreichte man dagegen wieder unter der Kreide sofort die so viel älteren Silurablagerungen und fehlt somit hier die kohleführende Formation vollkommen! Auch Hull nimmt, und zwar wohl mit Recht an, dass im südlichen England zwei Kohlenbecken, durch einen alten Höhenrücken aus devonischen Bildungen getrennt, bestehen könnten: ein nördliches, das eine östliche Fortsetzung des Südwales-Beckens sein mag und ein südliches, das etwa mit den Kohlenfeldern von Bristol in Verbindung gebracht werden und sich möglicherweise südlich von der Themse bis gegen Dover ziehen könnte, als eine Fortsetzung des belgisch-französischen Kohlenbeckens.

Für die englischen Steinkohlenlager liegen uns die Schätzungen der noch ungehobenen Kohlenmengen bis zu 1220 *m* Tiefe vor. Dieselben wurden 1870 auf 84.455 Millionen Tonnen, 1880 auf 79.009 Millionen geschätzt. Davon entfällt fast die Hälfte (32.166 Millionen Tonnen) auf Südwales, 12.000 Millionen Tonnen auf die mittelenglischen Kohlenreviere (Yorkshire), 9643 Millionen Tonnen auf ganz Schottland, 7152 Millionen auf Northumberland und Durham, 5165 auf Lancashire u. s. w. Diese Menge ist nur für die zutage liegenden kohleführenden Schichten berechnet worden und mit Berücksichtigung der beim Bergbau resultierenden Verluste. Rechnet man noch die unter jüngeren Bildungen liegenden Kohlenmassen im Schätzungsbetrage von 56.000 Millionen Tonnen hinzu, so ergäben sich als

Summe nicht weniger als 136.000 Millionen Tonnen, welche, die heutige Production im Betrage von über 159 Millionen Tonnen pro Jahr angenommen, für etwa 850 Jahre ausreichen würden. Wie wenig verlässlich diese Schätzungen sind, geht schon aus der einen Anführung hervor, dass Hull im Jahre 1881 noch unter zugrundelegung der Ausbeute vom Jahre 1878 im Betrage von 130 Millionen Tonnen auf 1000 Jahre schließen konnte. Die Steigerung von 1878 bis 1885 bedeutet also schon eine Verkürzung der Productionsperiode um mehr als 150 Jahre. Wenn die Zunahme in demselben Maße bis zum Abschlusse unseres Jahrhunderts anhielte, so käme man auf kaum 600 Jahre. Nun ist eine derartige Zunahme der Production nicht wahrscheinlich, es ist ja nach der zu S. 114 gegebenen Tabelle die Production des Jahres 1885, wenn auch nur um wenig, so doch geringer als jene des Jahres 1884, eine Abnahme, die sich auch in den Vereinigten Staaten und in allen übrigen Gebieten vollzog. Derartige kleine Schwankungen und Rückgänge sind übrigens im Laufe der Jahre wiederholt vorgekommen, doch waren sie noch nicht so allgemein und langewährend. Die nächsten Ausweise dürften jedoch abermalige Productionssteigerungen zu verzeichnen haben.

Hull prüft vor allem die den vermehrten Kohlenverbrauch bedingenden Umstände. Gegenwärtig wird etwa ein Viertel der in Britannien geförderten Kohle für den häuslichen Gebrauch verwendet (nach Robert Hunt eine Tonne pro Jahr und Kopf). Da die Bevölkerung,

wenn auch in abnehmendem Verhältnisse, so doch fort und fort zunimmt (in den Jahren von 1855 bis 1880 um 2·77 %), so dürfte der Bedarf an Kohle in demselben Maße zunehmen; mit der Zunahme der Bevölkerung im allgemeinen geht, und zwar in unverhältnismäßig rascherem Tempo das Anwachsen der Stadtbevölkerungen Hand in Hand. Gerade die Städte mit ihren Industrien verschlingen aber Unmengen von Kohle. Wie W. Stanley Jevons gezeigt hat, bedingt jede Verbesserung zur Ersparung von Arbeit eine Steigerung des Kohlenverbrauches, und die Rechnungen Jevons' über die Zunahme des Kohlenverbrauches infolge der Bevölkerungszunahme und Industrieentwicklung („Die Kohlenfrage" 1865) haben sich für die Zeit von 1865 bis 1871 auf das beste bewahrheitet.

Ein anderer Statistiker (Williams Price) hat auf Grund von Annahmen in Bezug auf die rapid zunehmende Anwendung der Dampfmaschinen in den letzten Jahrzehnten gezeigt, welch' enormes Anwachsen der Kohlenproduction dies zur Folge hat: von 83·5 Millionen Tonnen im Jahre 1861 auf 117·352 Millionen Tonnen im Jahre 1871 und auf 154·184 Millionen Tonnen im Jahre 1881, was für die ersteren zehn Jahre einen jährlichen Zuwachs um 3·4, für die letzteren von 3·7 bedeutet. Zieht man freilich die Ergebnisse der weiteren Jahre bis 1885 mit in Betracht, so ergäbe sich für die Zeit von 1871 bis 1885 nur eine mittlere Zunahme von 3 Millionen Tonnen, für die vier letzten Jahre allein aber nur eine jährliche Zunahme

von kaum 1·5 Millionen Tonnen. Diese Angaben lassen gleichfalls vermuthen, dass die Culmination der Zunahme fürs erste wenigstens überschritten ist.

Unter der Annahme stetiger Zunahme des Kohlenverbrauches um jährlich 3 Millionen Tonnen durch 100 Jahre vom Jahre 1871 an gerechnet kam Hull auf einen Verbrauch von 415 Millionen Tonnen (im Jahre 1971) und auf eine Dauer der Kohle für nur 276 Jahre. Williams Price berechnete unter Rücksichtnahme auf die statistischen Verhältnisse, wonach eine Zunahme des Kohlenverbrauches in abnehmendem Verhältnisse ähnlich jenem der Bevölkerungszunahme anzunehmen, das Bedürfnis nach 100 Jahren im Ausmaße von 274 Millionen Tonnen und somit ein Ausreichen des ausbringbaren Kohlenschatzes für 360 Jahre. Diese Verhältnisse werden jedoch auch in Hinkunft beeinflusst werden durch die vorauszusetzende Preissteigerung der Kohle infolge der erhöhten Gewinnungskosten bei zunehmender Tiefe der Baue, wodurch die erwähnten Zeitangaben noch vergrößert werden müssen. So müssen alle derartigen Rechnungen auf Annahmen begründet werden, über deren Verlässlichkeit uns mancherlei Zweifel bleiben.

Vielfach wird es auch möglich sein, Kohle zu sparen. Während man beispielsweise im Jahre 1796 zur Erzeugung von einer Tonne Roheisen mehr als 9 Tonnen Kohlen bedurfte, ist man durch Einführung verbesserter Hochofenanlagen und besonders durch die Zuführung

hochtemperirter Gebläseluft auf 33 engl. Centner, also wenig über 1·5 Tonnen gekommen.

Andererseits ist aber nicht abzusehen, welche Änderungen der Preisverhältnisse infolge größerer Schwierigkeiten beim Abbaue mit zunehmender Tiefe auftreten werden, und es darf uns daher nicht wundern, dass die Blicke der Engländer sich auch auf andere kohleführende Gebiete lenken.

Für die südliche Hälfte des großen Kohlenfeldes von Süd-Staffordshire (Birmingham west) glaubt Hull übrigens die Erschöpfung des Kohlenreichthums noch der Dauer unserer Generation in Aussicht stellen zu müssen, während die nördlichen Reviere noch weit davon entfernt sind, das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit erreicht zu haben, so dass der Abgang in den Industriestätten des Südens von Norden her leicht und ohne nothwendige Preiserhöhung wird gedeckt werden können.

(Wer sich für die interessanten Ergebnisse der technischen Untersuchungen der englischen Kohlen interessiert, findet viele Angaben in dem Werke Pechars: Kohle und Eisen. Berlin 1878.)

Die britischen Kohlenfelder sind heute noch immer die wichtigsten der Erde. England versorgt nicht nur seine eigenen Colonien, sondern eine ganze Reihe von Staaten mit Kohle, und selbst Deutschland, trotz seines Kohlenreichthums, hat den englischen Kohlenimport noch lange nicht aus dem Felde geschlagen. Englands Kohlenexport, der, wie aus der Tabelle S. 113 hervorgeht, bereits eine Abnahme erkennen lässt, dürfte

übrigens, wenn nicht in Belgien ein Unvermögen, die Leistungsfähigkeit aufrecht zu erhalten, eintreten sollte, noch weitere Abnahmen erfahren. Amerika sowohl als auch Deutschland werden sich von der englischen Kohle allmählich emancipieren, bei Deutschland sind es nur die hohen Kohlenfrachtsätze der Bahnen und der Abgang entsprechender Wasserstraßen, welche das tiefe Eindringen der fremden Kohle bis ins Herz des Reiches erklären.

Die Kohlen- und Roheisenproduction Großbritanniens betrug (nach dem Statistical abstract for the united kingdom from 1872—1886) in Millionen Tonnen:

	Kohlen	Eisen		Kohlen	Eisen
1872 . .	123·497	6·741	1880 . .	146·818	7·749
1873 . .	127·016	6·566	1881 . .	154·184	8·144
1874 . .	125·067	5·091	1882 . .	156·499	8·587
1875 . .	131·867	6 365	1883 . .	163·737	8·529
1876 . .	133·344	6·556	1884 . .	160·757	7·812
1877 . .	134·610	6·609	1885 . .	159·351	7·415
1878 . .	132 607	6·381	1886 . .	157·518	7·010
1879 . .	139·008	5·995			

Betrachtet man diese Angaben, so ersieht man, trotz der Schwankungen im Detail, eine stetige Zunahme der Production von Kohle bis zum Jahre 1883; ob die Abnahme der letzten drei Jahre nur eine ungewöhnlich länger währende, vorübergehende Abnahme sei, oder thatsächlich das äußerste, den heutigen Bedürfnissen entsprechende Maß schon überschritten ist, wird die Zukunft lehren. Die Abnahme der Eisenproduction begann schon ein Jahr früher, im Jahre 1882.

Die belgisch-nordfranzösischen Steinkohlenreviere nehmen in Belgien allein etwa einen Flächenraum von 1340 *qkm* ein und ziehen sich aus der Gegend von Boulogne bis in die Gegend von Aachen. In Frankreich ist es das Becken von Valenciennes und Anzin (Fig. 5), in Belgien sind es die Reviere von Mons, Charleroi, Namur (Fig. 6) und Lüttich, die diesem Zuge angehören.

Fig. 5.

Die kohlenführenden Schichten bilden eine tiefe Mulde, welche sich beispielsweise im Becken von Namur gegen Westen hin bedeutend in die Tiefe senkt, so dass Schichten, welche unweit Namur 200 *m* über dem Meere liegen, westlich von Mons 2370 *m* unter dem Meeresspiegel liegen.

Das Liegende bilden der Kohlenkalk und unter diesem das Devon. Es ist in erster Linie das Verdienst Gosselets, die überaus complicierten tektonischen Verhältnisse entlang des ganzen Zuges entwirrt zu

1. Verwerfung A A (Faille de Bonsson) 2 Verwerfung B B (Eran de retour d'Anain). Überschiebung C C (Grande faille du midi)

Fig. 6.

haben. Aber auch Cornet und Briart, Barrois u. a. haben dazu beigetragen, so dass wir heute in der Lage sind, uns die Herausbildung der gegenwärtigen Verhältnisse etwa folgendermassen zu erklären. (Fig. 6.)

Die Ablagerungen der Devon- und Karbongesteine erfolgten in einer langgestreckten Depression, für die wir wohl, wie wir gesehen haben, die Ausdehnung bis nach Wales hin fortsetzen dürfen. Inmitten dieser Depression bestand schon damals eine silurische Bodenwelle, durch welche ein nördliches (Namur) von dem südlichen Becken (Dinant) geschieden wurde. Nach Ablagerung und Füllung dieser Depression am Schlusse der Karbonperiode begann ein Drängen von Süd nach Nord, das zu einem großartigen Risse führte, nachdem eine Zusammenpressung der nördlichen Mulde bis zur Parallelstellung der beiden Muldenflügel vollzogen war. Der Riss, die große Spalte („grande faille“) lässt sich von Lüttich bis Boulogne verfolgen und ist flach nach Süden geneigt. Auf dieser Fläche erfolgte nun ein Hinüberschieben des südlichen Gebirges über die nördliche zusammengepresste Mulde, so dass die tiefsten Glieder des Devon aus Süd in dasselbe Niveau mit der Steinkohle gebracht wurden, ja wir dürfen nach den bekannten Mächtigkeiten der einzelnen Etagen schließen, dass dadurch ein ganz gewaltiges (nach Cornet und Briart 5000—6000 *m* hoch aufragendes!) Gebirge emporgestaut worden sein muss, ein Hochgebirge, das durch nachherigen Abtrag voll-

kommen wieder hinweggeführt worden sein müsste.[1]) Dieser großartigen Bewegung sind übrigens Senkungen im centralen Theile des Beckens und kleinere Zertrümmerungen, Faltungen und Verschiebungen vorangegangen, wodurch sich das ganze Ereignis noch viel complicierter gestaltete. Hauptsächlich zwei solche Senkungen haben Cornet und Briart constatiert, wie aus dem schönen Idealprofile S. 60 zu ersehen ist.

Diese Verhältnisse erklären die gewiss auffallende Thatsache, dass an mehreren Stellen, z. B. bei Lüttich, die Kohle unter devonischen Schichten liegend abgebaut wird, während bei Namur sogar silurische Bildungen über der Kohle liegen.

Die Zahl der Kohlenflötze der belgischen Reviere hängt von der Tiefe der Mulden ab; sie ist bei Namur kleiner als bei Lüttich und Mons. Bei Lüttich zählt man 85, bei Borinage 130—160 Flötze, von welchen nur ein Drittel unbauwürdig ist, während die bauwürdigen meist nur 0·55—1 *m*, selten mehr als 2 *m* Mächtigkeit erreichen. Der Abbau ist auch dadurch erschwert und kostspieliger als in anderen Gebieten. Die Baue sind überdies, wie es der seit Jahrhunderten betriebene (bis ins 13. Jahrhundert zurückreichende) Abbau mit sich bringt, sehr tief (schon 1876 im Mittel 340 und sogar 370 *m*). Auch die Wasserhubanlagen sind in großartigerem Maße nothwendig als sonstwo.

---

[1]) Vergl. den Vortrag Prof. Pencks über Denudation im XXVII. Bande der Vereinsschriften, S. 431 ff.

Alles dies zusammengehalten ist die Energie, mit der die Baue betrieben und die Concurrenz aufrecht erhalten wird, geradezu bewunderungswürdig, die Perspective aber ist für dieses Gebiet keine allzu glänzende.

Frankreich besitzt drei Steinkohlengebiete, und zwar im Norden den von Boulogne über Valenciennes an der Grenze gegen Belgien hinziehenden Antheil an dem französisch-belgischen Steinkohlenzuge. In Frankreich liegt die Kohle weithin unter einer 45—200 *m* mächtigen Decke von oberkretazischen und tertiären Ablagerungen. Die Flötze, deren man bis achtzehn zählt, sind wenig mächtig, im Mittel kaum 65 *cm* mit zusammen etwa 10 *m* Kohle.

In Mittelfrankreich finden sich zahlreiche kleine Becken am Rande und auf der Höhe des Centralplateaus auf krystallinischer Unterlage. Das räumlich größte, jenes von Roannais, hat eine Länge von 80 *km* bei einer Breite von etwa 20 *km*. Ein idealschönes kleines Becken ist jenes von Commentry (Fig. 7), über welches eine auch an anderer Stelle zu besprechende groß angelegte Arbeit Fayols handelt;[1]) es hat 9 *km* Länge und 3 *km* Breite. Es stellt eine im Maximum 600 *m* tiefe Mulde vor, welche der Hauptsache nach zu unterst mit einem Blockwerk von Granit, Gneiss, Glimmerschiefer etc. angefüllt ist, über welchem Conglomerate und Sande auftreten. Das große

---

[1]) Etudes sur le Terrain Houiller de Commentry. St. Etienne 1887.

Kohlenbecken von Commentry.

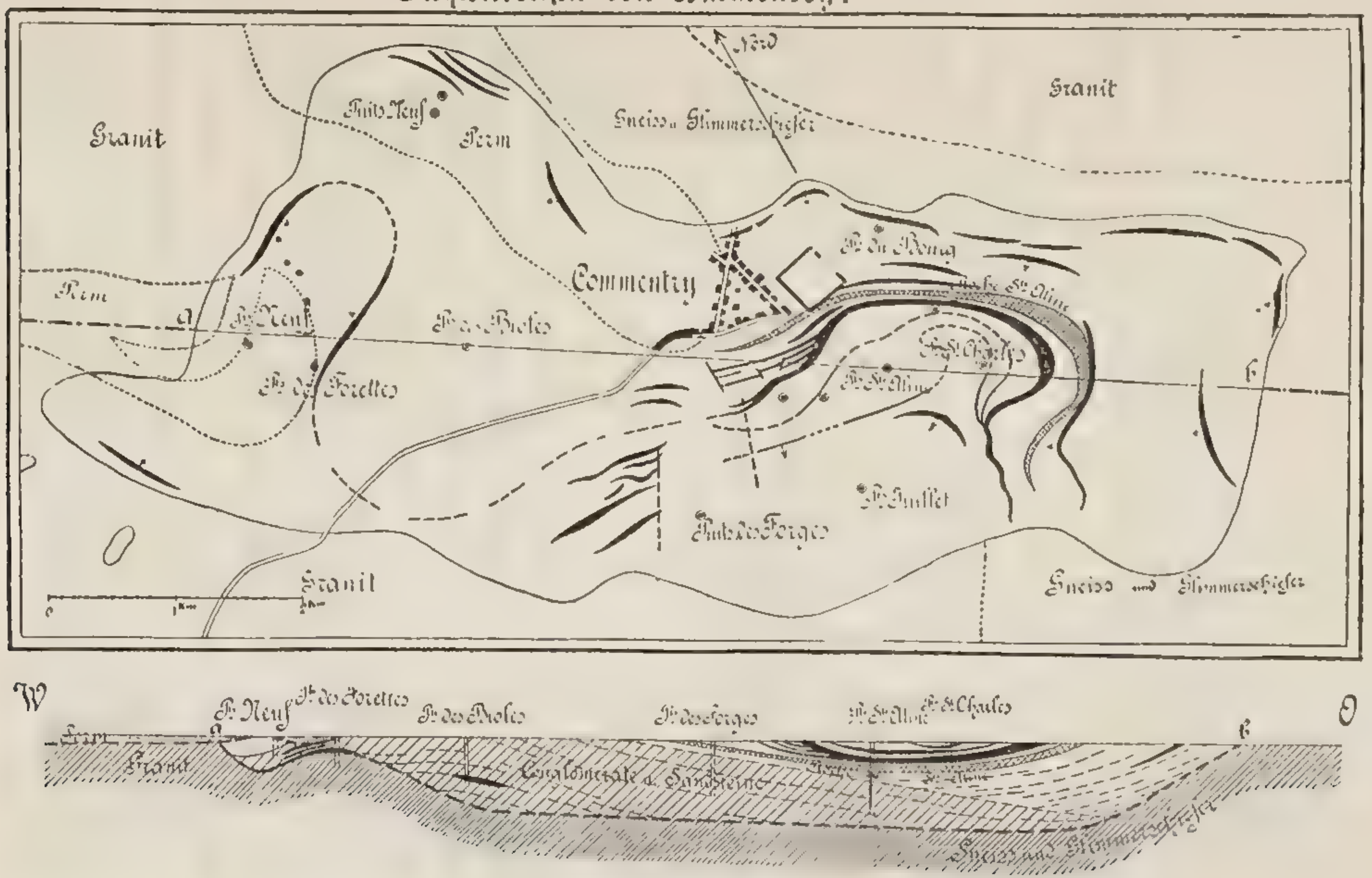


Fig. 7. (Nach Fayol.)

Flötz erreicht eine Mächtigkeit bis zu 20 *m* und hat die Eigenthümlichkeit, sich gegen Westen zu in viele kleinere Flötzzüge zu zertheilen. Es bildet eine Mulde von 1·5 *km* Länge und seine Muldentiefe beträgt etwa 160 *m*.

Noch viel größere locale Anschwellungen zeigt die Flötzmasse von Creuzot und Blanzy, wo die Kohle sich den Unebenheiten des Grauwackengrundgebirges anschmiegt, ähnlich so wie wir es im Reviere von Kladno sehen, und in der etwas stärker zusammengepresst erscheinenden Muldentiefe eine ähnliche mehrfache Theilung oder Zertrümmerung zeigt, wie wir dies im Becken von Commentry sahen; dabei sind die Massen aber derart aneinander gedrängt, dass das Hauptflötz von 24 bis auf 60 *m* anschwillt. Auch bei St. Etienne ist infolge einer Zusammenschiebung eine große Masse, eine förmliche Kohlenstockmasse, entstanden.

Die einzelnen Becken des centralen Frankreich verhalten sich in Bezug auf die Zahl der Flötze überaus verschieden. In der Gegend von St. Etienne kennt man 18 Flötze mit in der Regel 35 *m* Kohle. An anderen Punkten treten nur drei bauwürdige Flötze mit kaum 10 *m* Gesammtmächtigkeit auf.

Im südlichen Frankreich finden sich bei Alais, Aveyron und an der Rhône Kohlenreviere mit im allgemeinen günstigen Lagerungsverhältnissen. Im Becken von Alais hat das Kohlengebirge etwa 250 *m* Mächtigkeit und umfasst 6 Flötze mit 18—20 *m* Kohle.

Schon 1872 waren über 5400 *qkm* Kohlenreviere verliehen, welche 15,802.000 Tonnen Kohlen förderten.

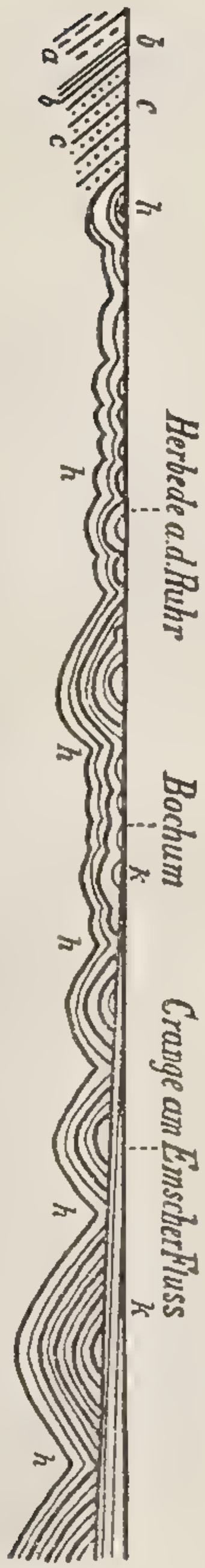


Fig. 8. Das westphälische Becken.
(Nach H. B. Geinitz—R. Lepsius.)
a Devon, *b c* Unterkarbon, *h* flötzführendes Oberkarbon, *k* überlagernde Kreide.

Die Production hob sich seither nur vorübergehend infolge einer außerordentlichen Kraftanstrengung bis über 21 Millionen Tonnen im Jahre 1883, ist aber seither wieder im Niedergange begriffen (1885: 17·347 Millionen Tonnen).

Ein Blick auf die große statistische Tabelle (nach S. 114) lässt uns erkennen, dass Deutschland die größte Kohlenmacht des europäischen Continentes vorstellt. Wir wollen die einzelnen Haupt-Steinkohlenreviere der Reihe nach in Betracht ziehen.

1. Das niederrheinisch-westphälische Becken („Ruhrbecken") (Fig. 8) umfasst einen Flächenraum von etwa 2800 *qkm* und enthält in drei mehrfach gefalteten Flötzzügen 65 abbauwürdige Flötze mit 65·4 *m* Gesammtmächtigkeit, woraus v. Dechen auf einen beiläufigen Reichthum von 45.000 Millionen Tonnen schloss. Die Kohlen bilden vier Hauptmulden (Witten, Bochum, Essen und Duisburg) und sind nach Nordwesten und Nordosten unter

der Kreidebedeckung noch zu erbohren. Die Ausbeute betrug bei 20 Millionen Tonnen. Die Gesammtmächtigkeit der Formation beträgt 2100 *m*. Im Hangendflötzzuge liegen ausgezeichnete Back- und Gaskohlen, im Mittleren Back- und Kokskohlen, im Liegendzuge Sinter- und Sandkohlen. Hervorzuheben ist, dass etwa 40% des angegebenen Reichthums in Tiefen bis zu nur 250 *m* lagern, und darin liegt der große Vortheil gegenüber den belgischen und englischen Revieren.

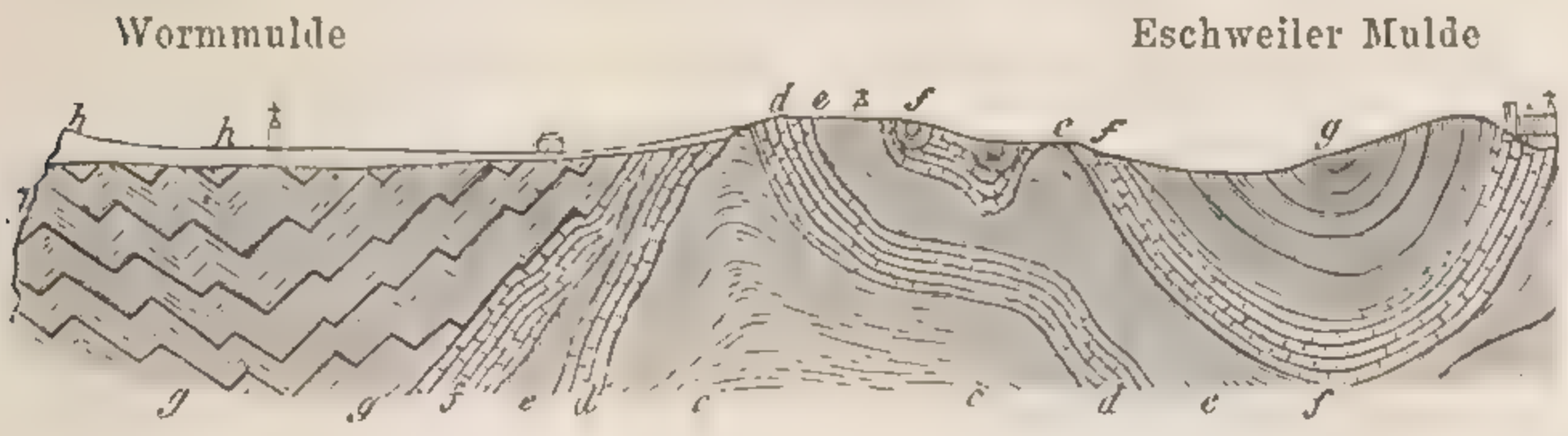


Fig. 9. Profil durch die Worm- und Eschweiler Mulde.
(Nach H. Credner.)

c Devonische Grauwacke, *d* devonischer Kalk, *e* unterste subkarbonische Formation, *f* Kohlenkalk, *g* productive Kohlenformation, *h* Braunkohlenformation.

2. Die Kohlenbecken von Aachen (Fig. 9): *a*) das Inde- oder Eschweiler Becken im Osten und *b*) das Wormbecken oder die Kohlscheider Mulde westlich davon. Das erstere hat eine beiläufige Ausdehnung von 9·2 *qkm*, enthält 14 bauwürdige Flötze mit 9·8 *m* Kohle, eine Gesammtmächtigkeit von 796 *m* und erreicht eine größte Muldentiefe von 1716 *m*. Die Flötze liegen in einer verhältnismäßig einfachen Mulde und sind seit etwa 300 Jahren in

Abbau. Die Kohlen sind durch großen Kohlenstoffgehalt ausgezeichnet.

Das Wormbecken ist etwas größer (circa 12 *qkm*) und umschließt gleichfalls 14 abbauwürdige Flötze (Gesammtflötzzahl 45) mit 12·5 *m* Kohle. Durch viele Sättel ist die Mulde in nicht weniger als 21 Specialmulden zerlegt. Die südlichen Muldenschenkel fallen steil nach Nord oder sind selbst widersinnig nach Süd gerichtet. Vier große Störungsflächen („der Feldbiss" verläuft von Südost nach Nordwest und zeigt eine Sprunghöhe von 125—167 *m*) und auch Verschiebungen gegen Nord sind bekannt. Die größte Muldentiefe der Flötze beträgt 983 *m*. Im eigentlichen Wormbecken tritt eine magere (anthracitische) Kohle auf. Ausbeute etwa 2 Millionen Tonnen.

3. Das Saarbecken umfasst im flötzreichen südwestlichen Theile etwa 385 *qkm* mit 82 bauwürdigen (von 200) Flötzen und 77·6 *m* Kohle. Der Reichthum wird auf 45.000 Millionen Tonnen geschätzt, bei einer jährlichen Ausbeute von über 5 Millionen Tonnen. Die Gesammtmächtigkeit der Gebirgsschichten der unteren Abtheilung (Saarbrücker Schichten) des Steinkohlengebirges beträgt 1600—2800, während die flötz- und kohlenarme obere Abtheilung (Ottweiler Schichten) 2000—3600 *m* mächtig ist. (Fig. 10.) Das kohleführende Gebirge bildet eine inselförmige Aufwölbung unter Buntsandstein. In den unteren Flötzen liegt Koks- und Gaskohle, die Hangendflötze sind Sinterkohlen. Viele Störungen durchziehen das Kohlengebirge. Schlagende

Wetter[1]) sind häufig, Selbstentzündung infolge des großen Kiesgehaltes nicht selten.

Außer diesen drei großen Revieren wären noch kleinere zu erwähnen, so jene in den Vogesen (ohne technische Wichtigkeit), im Schwarzwalde, wo bei Berghaupten, eine ganz schmale Mulde, zwischen krystallinische Schiefer mit fast verticalen, ja zum Theile selbst überhängenden Muldenflügeln eingeklemmt liegt. Im Teutoburgerwalde bei Ibbenbüren liegen 7 bauwürdige Flötze mit über 5 *m* Kohle; auch im Thüringer- und

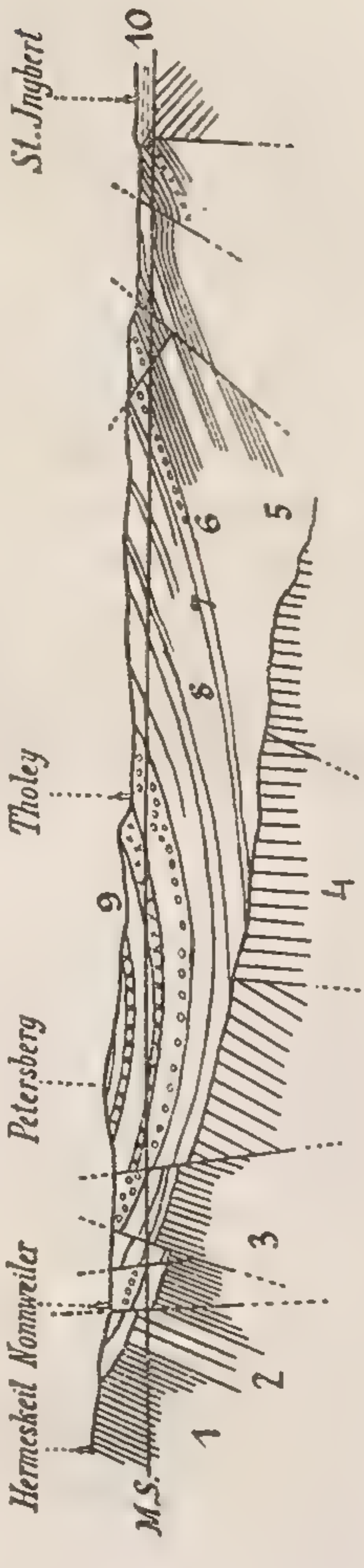


Fig. 10. Durchschnitt durch das Saarbecken.
(Nach G. R. Lepsius.)
1—4 Devonisches Grundgebirge, 5 untere, 6 mittlere, 7 obere Saarbrücker Schichten mit den liegenden, 8 Ottweiler Schichten mit den hangenden Steinkohlenflötzen, 9 permisches System, 10 Buntsandstein.

[1]) „Über schlagende Wetter“ vergl. man den Vortrag von Prof. Fr. v. Ržiha, XXVI. Bd. der Vereinsschr., S. 349—417.

Frankenwalde (Stockheim und Neuhaus) und an der Saale liegen kleinere Kohlenbecken. Von letzteren wären das von Wettin (mit dem 2—2·5 *m* mächtigen Oberflötz) und jene von Loebejün und Plötz zu nennen. Die kleinen Becken von Hainichen und Ebersdorf, sowie jenes im Plauenschen Grunde bei Dresden mit zwei abbauwürdigen Flötzen führen uns auf das

4. größere Kohlenrevier Deutschlands, auf jenes von Zwickau und Lugau in Sachsen. Dasselbe umfasst etwa 220 *qkm* und enthält 9 bauwürdige Flötze, von welchen das unterste (Pechkohlenflötz) bis 14·3 *m* mächtig wird. Die Schachttiefen in diesem Becken gehen bereits bis auf 600 und 720 *m*! Die Kohlenausbeute Sachsens betrug 1876 3·04 Millionen Tonnen.

5. Das niederschlesische Becken, oder das Becken von Waldenburg, enthält 16 bauwürdige Flötze, die, in die untere Abtheilung der productiven Steinkohlenformation gehörig, ausgezeichnete Back- (Koks-) Kohle liefern und zusammen 28·7 *m* mächtig werden. In einem großen Bogen ziehen die meist ziemlich steil aufgerichteten Flötze im Nordwesten auf unterem, zum Theil marinem Karbon („paralisches" Becken), im Norden und Nordosten auf Gneiss liegend, nach Böhmen hinein. Die Mitte der Mulde ist von Rothliegendem mit vielen Eruptivgesteinsmassen und von Kreideschichten bedeckt.

Eines der wichtigsten Reviere, das mit seinem südlichen und südöstlichen Theile auch nach Österreich hinübergreift, ist

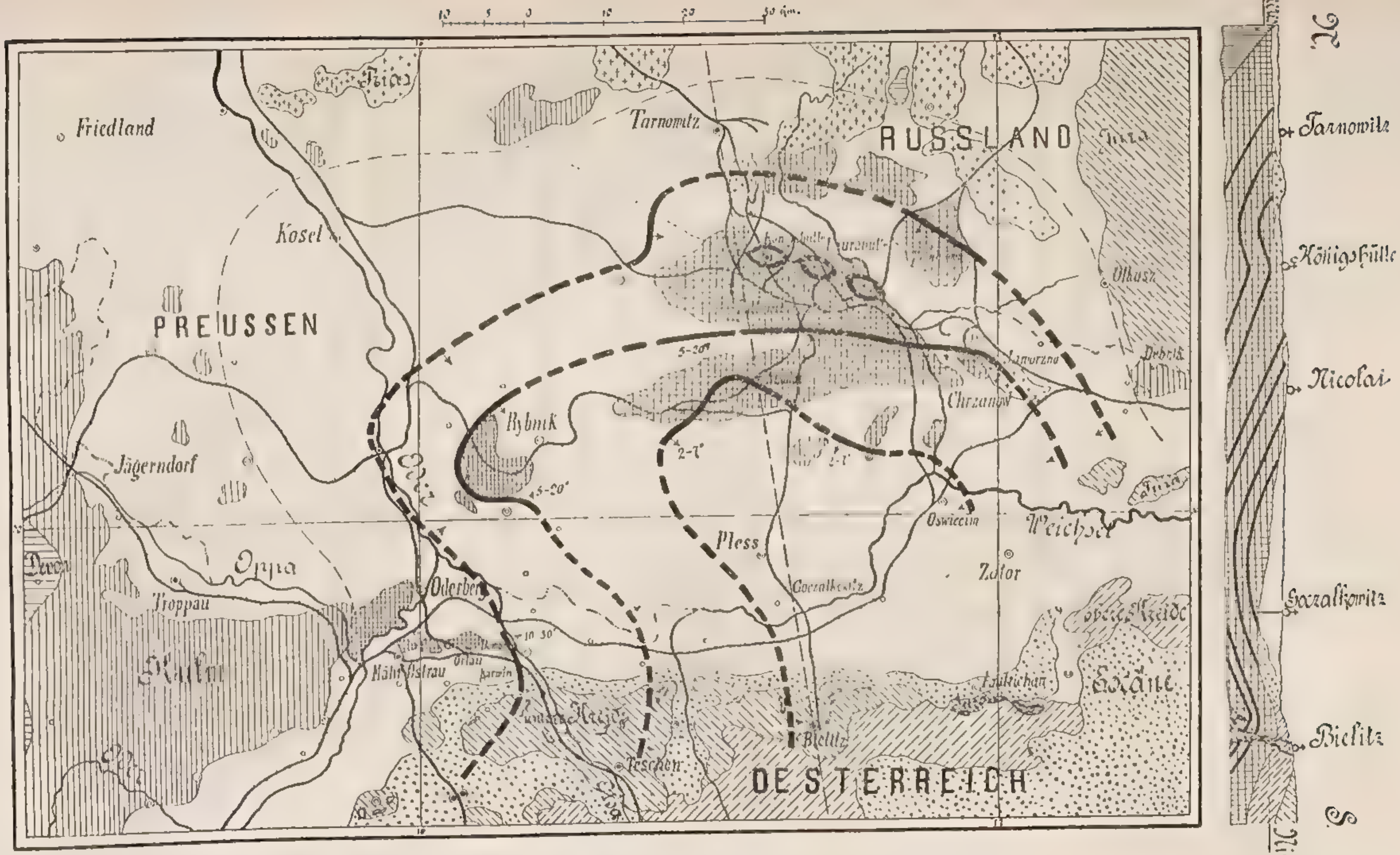


Fig. 11. Das oberschlesische Becken.

6. das oberschlesische Becken (Fig. 11), auf dessen Verhältnisse wir etwas näher eingehen werden, da es auch für unser Vaterland von hoher gegenwärtiger und noch höherer zukünftiger Wichtigkeit ist.[1])

Es umfasst mit seinen wahrscheinlich äußersten Rändern einen Flächenraum von mehr als 3000 *qkm*, auf welchem das kohleführende Gebirge jedoch nur an wenigen Stellen zutage tritt. Während es im Westen auf den unterkarbonen Kulmschiefern liegt und im Norden und Nordosten von Trias und Jura überlagert wird (an einer Stelle bei Debnik tritt das hier devonische Grundgebirge zutage), verschwindet es im Süden von Friedeck, östlich unter den Kreide- und Eocänbildungen der Karpathen (Beskiden). In der Mitte des Beckens bilden tertiäre, diluviale und alluviale Ablagerungen in weiter Erstreckung die Decke des kohlenführenden Gebirges. Ob die isolierten, bei Krappitz und Trost im Norden auftretenden Kulmgesteine und die bei Siewierz und Krzeszowice unweit Krakau bekannten Devongesteine wirklich die Nordgrenzen des großen oberschlesischen Beckens bilden, ist nicht ganz sichergestellt; nach Stur (Kulmflora, S. 425) wäre es immerhin möglich, dass wir es dabei

---

[1]) Vergl. außer den genannten Werken vor allem das neue große Werk von W. Jičinsky über Mährisch-Ostrau, herausgegeben vom Berg- und Hüttenmännischen Verein in Mährisch-Ostrau, 1886; und die ausführliche Darstellung in Ferd. Römer's Werk: Geologie von Oberschlesien; und ganz besonders Stur's großes Werk über die Kulmschichten, Abhandl. der k. k. geol. Reichsanst., Bd. VIII, 1877.

nur mit inselförmigen Vorragungen zu thun haben, und dass die Steinkohle noch darüber hinaus anhält, vielleicht bis in die Dnjestrgegenden in Galizien; freilich könnte auch eine Verringerung des Steinkohlenareales durch etwa in der Tiefe liegende alte insulare Schollen eintreten. Die zutage tretenden Partien des Kohlengebirges oder die leichtest zugänglichen Gebiete im Süden bei Ostrau und Karwin im österreichischen Antheile werden später besprochen werden, im großen preußischen Antheile liegen sie bei Rybnik und besonders im Nordosten davon, bei Nikolai, Kattowitz und Mislowitz. Hier reicht es bei Dombrowa und Radzoukau nach Russisch-Polen hinüber. Der preußische Antheil dieses leicht zugänglichen Gebietes allein macht etwa 450 *qkm* aus, das gesammte durch Bergbaue und Bohrungen erschlossene Gebiet aber umfasst über 900 *qkm*. Nicht weniger als 104 bauwürdige Flötze mit zusammen 154·8 *m* Kohle treten in diesem Gebiete auf, woraus v. Dechen nur für die bis zu 600 *m* Tiefe reichenden Flötzantheile auf einen Reichthum von 50000 Millionen Tonnen schließt. Die Mächtigkeit der Zwischenmittel zwischen den Flötzen, das sind wie gewöhnlich Sandsteine und Schiefer (vielfach bituminöse Brandschiefer oder sandig), beträgt mehr als 2500 *m*. Die Flötzmächtigkeit steigt bis zu 12 *m*. Die oberen Flötze führen reine, aschenarme, wenig backende Kohle, die sich beim längeren Lagern entzündet, während die unteren (liegenden) Flötze wohl weniger mächtig, jedoch stark backend und gasreich sind. Die ober-

schlesischen Kohlen haben die ausgezeichnete Eigenschaft, sich in großen Stücken gewinnen zu lassen (und zwar nicht weniger als 30—40 % der Ausbeute).

Die Lagerungsverhältnisse sind auf weite Strecken hin recht einfach. Betrachten wir das Profil, das von Bielitz im Süden nach Tarnowitz im Norden gezogen ist, so finden wir zwei Sättel und zwei verschieden große Mulden, jene von Goczalkowitz die größere, und jene von Beuthen, unweit Königshütte, die kleinere. Den muldenförmigen Bau lässt uns auch ein Schnitt von Südwest gegen Nordost, von Mährisch-Ostrau gegen Olkusz in Russisch-Polen erkennen. Eine weite Mulde reicht bis gegen Orlau bei Karwin, wo sich dann gegen den alten Beckenrand zwei kleinere Mulden bei Mährisch-Ostrau anreihen. Hier sind wir wirklich am Rande des alten Kohlenbeckens, während die jüngeren Auflagerungen im Nordosten auf deutlich abgetragenem Kohlengebirge aufruhen, welches schon zur Zeit der Trias der zerstörenden Thätigkeit des Meeres, der Abrasion, ausgesetzt war. Die ältesten Kohlenflötze liegen einerseits bei Ostrau im Südwesten, andererseits bei Tarnowitz in Oberschlesien. Den ganzen Complex von den jüngsten bis zu den ältesten müsste man in der Mitte der genannten großen, nach Südosten hin offenen Mulde erbohren können.

Man unterscheidet vier Flötzzonen: die oberste, die Nikolajewer Zone, mit 18—20 Flötzen, deren Kohlenmächtigkeit nicht weniger als 67·4 *m* beträgt, die Rybniker Zone mit 17 Flötzen und etwa 50 *m* Mächtig-

keit, die Königshüttner Zone mit 13 bauwürdigen Flötzen von 27·37 *m* Gesammtmächtigkeit. Dieser Theil des Reviers enthält die mächtigsten und leichtest gewinnbaren Flötze Oberschlesiens. Die äußerste und zugleich älteste Flötzzone wird von Jičinsky die Ostrau-Karwiner Zone genannt, weil die betreffenden Flötze thatsächlich jenen des österreichischen Gebietes entsprechen. So einfach die Lagerungsverhältnisse im allgemeinen auch sind, so fehlt es doch nicht an Verwickelungen. Abgesehen von den zahlreichen Verwerfungs- und Verschiebungsklüften sehen wir bei der Königshütte zwischen Beuthen und Mislowitz drei flach kuppenartige Sättel nebeneinander, die einer localen Empor-pressung entsprechen und mehrfache Krümmungen, secundäre Falten und Verwerfungen aufweisen. Hier treten die mächtigen Flötze auf; so das 6 *m* mächtige Gerhard-flötz, das 6·8 *m* mächtige Sattelflötz bei Königshütte nebst fünf anderen bauwürdigen Flötzen. Bei der Laurahütte erreicht das obere (Fanny-) Flötz sogar 8·37 *m* und das untere (Karolinen-) Flötz 6·28 *m*. Beträchtliche Störungen liegen auch nahe der österreichischen Grenze; in der äußersten Flötzzone bei Petrzkowitz sind die Flötze steil aufgerichtet (fallen mit 50 bis 80 °, ja zuweilen widersinnig ein), bilden einige Mulden und Sättel, streichen von Nord nach Süd und werden überdies von vielen Verwerfungen durchsetzt. Der Reichthum Deutschlands an Braunkohlen ist ein sehr beträchtlicher, in zahlreichen Becken wurden im Jahre 1876 nicht weniger als 11·1 Millionen Tonnen gefördert.

Trotz der gewaltigen Kohlenproduction Deutschlands werden immer noch beträchtliche Quantitäten Kohle eingeführt, doch überwiegt die Ausfuhr nicht unbeträchtlich.[1]) Die Brennstoffeinfuhr (Braun- und Steinkohlen etc.) nach Deutschland betrug im Jahre 1885 nicht weniger als 6·144 Millionen Tonnen im Werte von 41·33 Millionen Mark. Die Ausfuhr dagegen betrug in derselben Zeit 9·603 Millionen Tonnen im Werte von 96·02 Millionen Mark.

Von der Einfuhr entfielen auf Österreich-Ungarn 3·635 Millionen Tonnen Braunkohlen und 0·368 Millionen Tonnen Steinkohlen, während von England 1·516 Millionen Tonnen Steinkohlen und 0·031 Millionen Tonnen Koks kamen. Von Belgien kamen ca. 56.000, von Frankreich 34.000 Tonnen Steinkohlen.

Die Ausfuhr erfolgte, die unbeträchtlichen Braunkohlen und die geringeren Posten außer Spiel gelassen, nach Frankreich: an Koks 0·349 Millionen Tonnen, an Steinkohlen 1·129 Millionen Tonnen; nach den Niederlanden 606.362 Tonnen Koks und 2·947 Millionen Tonnen Steinkohlen; nach Österreich-Ungarn 68.311 Tonnen Koks und 2·484 Millionen Tonnen Steinkohlen. Belgien empfing 0·762, die Schweiz 0·642, Russland 0·358 Millionen Tonnen Steinkohlen und Koks.

---

[1]) Nach der Statistik des Deutschen Reiches für 1886. Die Angaben stimmen nicht ganz mit jenen des Statistical Abstract.

Naturgemäß gelangen wir nun zur Betrachtung der Kohlenschätze in unserem Vaterlande,[1]) und zwar wird der Antheil Österreichs an dem oberschlesischen Becken zuerst zu erörtern sein.

1. Das Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevier (Fig. 12)[2]) ist ja, wie gesagt, der südwestliche Theil des großen oberschlesischen Beckens, das einen beiläufigen Flächenraum von 2·6 Quadratmeilen, über 140 *qkm*, umfasst und der tiefsten Flötzzone angehört, deren gestörte Verhältnisse nahe der Grenze bei Petrzkowitz schon erwähnt wurden. Betrachtet man das geologische Hauptprofil, wie es sich, von Petrzkowitz über Hruschau, Ostrau, Poremba, Karwin geführt, in der angeführten Monographie findet, so ersieht man, dass zwei größere Mulden (Ostrau und Peterswald), durch einen Sattel geschieden, den Hauptraum einnehmen, während gegen Westen hin die größeren Störungen verlaufen. Im östlichen Gebiete schließt sich an die Mulde von Peterswald jene von Dombrau-Karwin, welche einen mehrfach gebogenen Verlauf der Flötze zeigt und durch viele Störungsklüfte in einzelne Schollen zerlegt erscheint. Der Sattel bei Orlau scheidet die beiden Hauptgebiete.

---

[1]) Vergl. des Verf. Mineralprod.-Karte im phys.-geogr. Atlas von Österreich-Ungarn. Wien, Hölzel 1887 (1883).

[2]) Monographie des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers. Teschen 1885 (W. Jičinsky), und D. Stur, Die Kulmflora, Abhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt 1877, VIII. Bd.

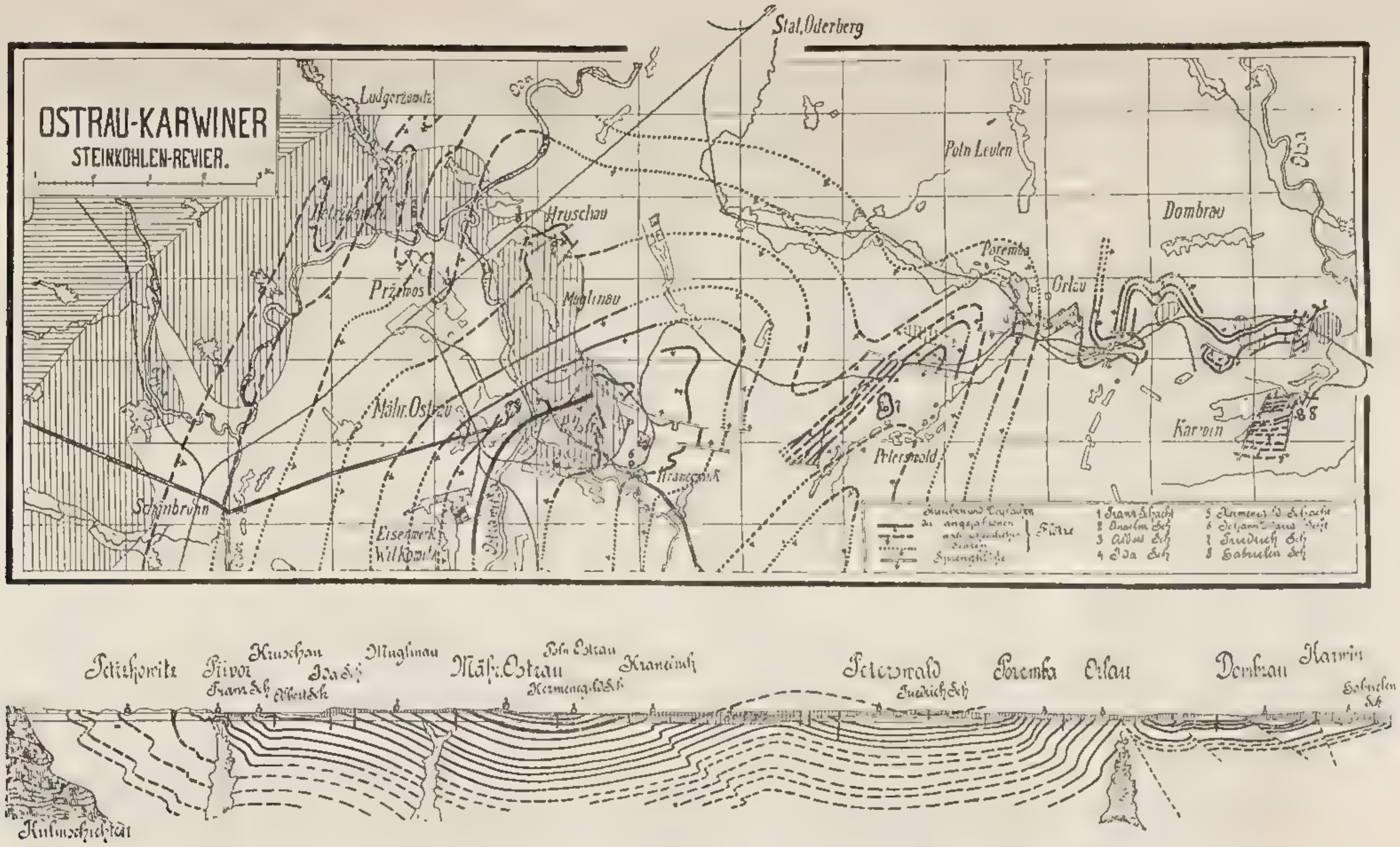


Fig. 12. Das Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevier im Grundriss und Durchschnitt.
(Nach W. Jičinsky, Monographie des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers.)

Lichte, zum Theil schieferige Sandsteine und thonig-glimmerige, durch Bitumengehalt oft in Brandschiefer übergehende Kohlenschiefer, welche sehr häufig das die Kohlenflötze begrenzende Gestein bilden, machen die Hauptmasse der Gesteine aus. Sphärosiderite finden sich als linsenförmige Einlagerungen in den Flötzen nicht selten.

Von Interesse ist das mehrfach constatierte Vorkommen von Eruptivgesteinen, die gewöhnlich als „Basalte“ bezeichnet werden [1]) (oder als Melaphyr und Augitporphyrit und „Porphyrtuff“ mit Mandelsteinstructur), im Franz-Schachte bei Przivoz, bei Hruschau und Polnisch-Ostrau und an anderen Stellen. Diese Eruptivgesteine haben die Kohle mehrfach verändert, indem diese in ihrer Nachbarschaft einige Centimeter weit in Koks umgewandelt wurde. Nach der Profildarstellung Jahns in Surs Werke hat das kohlenführende Gebirge eine Gesammtmächtigkeit von 1064 *m* vom hangendsten Flötze im Hermenegild-Schacht (Mährisch-Ostrau Südost) bis zum untersten Flötze im Franz-Schachte bei Przivoz. Die Gesammtzahl der Flötze beträgt 313, unter welchen 102 abbauwürdige Flötze von 50 *cm* bis 3·96 *m* (Johann-Flötz in der Ostrauer Mulde).

In der Karwiner Mulde scheinen sehr mächtige Flötze in der Tiefe zu lagern, wie nach einer Tiefbohrung

---

[1]) Andrée-Niedzwiedzki, Basaltvorkommnisse im Mährisch-Ostrauer Steinkohlenbecken. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1873, S. 283.

zu schließen ist. (Monographie I, S. 30.) Man hat diese Flötze in fünf Flötzgruppen gebracht. Die tiefste und älteste ist jene bei Petrzkowitz, die jüngste fünfte jene von Hermenegild. Mit dieser steht auch die Flötzgruppe des Karwin-Dombrauer Beckens im Osten in Übereinstimmung. Die ersten vier fasst Stur als die Ostrauer Schichten zusammen, die fünfte Gruppe dagegen bezeichnet er als Äquivalent der Schatzlarer Schichten. In der „Monographie“ wird die Gesammtmächtigkeit der älteren Abtheilungen von Petrzkowitz bis Poremba mit 379·3 *m* angegeben, mit 179 Flötzen mit zusammen 100·36 *m* Kohle, die Schatzlarer Schichten von Orlau bis Karwin werden mit 41·5 *m* Gesammtmächtigkeit angenommen, mit 39 Flötzen und 50·14 *m* Kohle.

In der tiefsten Flötzgruppe war es, wo man im flötzleeren Gebirge im Hangenden des Eduard-Flötzes (im Franz-Schachte bei Prziwoz) die ersten marinen Einlagerungen zwischen den Flötzen fand. Später fand man ähnliche Einschlüsse auch in der zweiten Flötzgruppe (Anselm-Schacht und Ida-Schacht bei Hruschau). Diese Vorkommnisse beweisen, dass, während die Kohlenbildung schon im besten Gange war, noch wiederholt Einbrüche aus dem benachbarten Meere erfolgten.

Die Flötze sind in ihren Eigenschaften, was die Beschaffenheit der Kohle und ihre Mächtigkeit anbelangt, auf größere Strecken durchaus nicht constant. Wenn es sich um die Feststellung der Zusammengehörigkeit zweier, an verschiedenen Stellen angefahrenen Flötze handelt, muss vor allem auf die Mächtigkeit und Beschaffen-

heit der Zwischenmittel (Sandsteine und Schieferthone) Rücksicht genommen werden, abgesehen davon, dass auch die Fossilien verglichen werden müssen.

Das ganze Kohlenfeld ist einst, so viel ist nach dem Gesagten sicher, einer gewaltigen Pressung ausgesetzt und dadurch in Falten gelegt worden, wie auf den Profilen in dem Werke Surs und in der genannten Monographie verfolgt werden kann. Die gewaltigste Störung erfolgte nahe am Rande bei Petrzkowitz und Hruschau, wo sechs Falten geworfen und die Flötze zum Theil aus ihrem Zusammenhange gerissen und eng aneinandergepresst wurden, so dass die Flötzschenkel zum Theil vertical stehen und selbst widersinnig gestellt sind. Vier dieser Falten liegen nahe aneinander, am Westrande, die beiden anderen bei Ostrau und Peterswald. Nordöstlich von Ostrau bei Hranecnik und auch in der Gegend von Orlau haben weitergehende Verschiebungen stattgefunden. Mit diesen Störungen haben die Basaltdurchbrüche ursächlich nichts zu thun, die sind nur als spätere Eindringlinge zu betrachten. Zahlreich sind die Verwerfungsklüfte, welche das ganze Gebiet durchsetzen und vielfach zerstücken.

Die größte erreichte Schachttiefe ist jene im Theresienschachte, welche 345 *m* überschritten hat; über 200 *m* tief sind 17, 150—200 *m* 24 Schachte.

Trotz der vielen Störungen ist die Reihenfolge der Flötze nun schon mit großer Genauigkeit festgestellt, so dass es möglich wird, mit einiger Sicherheit für verschiedene Schachte anzugeben, in welchen Tiefen sie das

eine oder andere der wünschenswerten Flötze erreichen werden.

Der Qualität nach werden im Ostrauer Gebiete vier Kohlensorten unterschieden:

1. magere Kohlen in den hangendsten Flötzen (Flammenkohlen),

2. halbfette Kohlen gleichfalls in den Hangendflötzen,

3. fette oder Kokskohlen mit hohem Gasgehalt, gut koksend und von hohem Brennwert,

4. anthracitartige Kohlen in den liegendsten Flötzen, mit hohem Brennwert, nicht backend.

Zu den unangenehmen Eigenschaften des Ostrau-Karwiner Reviers gehören die hier so häufigen schlagenden Wetter, reiche Kohlenwasserstoff-Ausströmungen aus der Kohle in drei Vierteln der Gruben, welche fortwährende Störungen veranlassen, so dass in denselben stets mit der Sicherheitslampe gearbeitet werden muss. Dass diese Gasausströmungen bis zu einem gewissen Grade von den Luftdruckverhältnissen der äußeren Atmosphäre in Abhängigkeit stehen, unterliegt wohl kaum einem Zweifel, besonders bei sinkendem Barometerstande und vor allem bei Wetterstürzen (Rziha l. c., S. 377) ist die Entwicklung der Grubengase eine höhere, obgleich auch hier das vorliegende Material noch nicht ausreicht zu sicheren Schlüssen. Auf jeden Fall ist aber zu bezweifeln, ob es an der Zeit ist, sich dabei in Prophezeiungen zu ergehen, die, wie ein hervorragender Bergmann vor kurzem sehr treffend bemerkt hat, leicht zu Fahrlässigkeiten infolge

von Missverständnissen führen könnten. Wie unangenehm sind nicht dem Häuer die Sicherheitslampen! Er würde viel lieber mit offenen Lampen arbeiten, wenn es anginge, und wie leicht wäre es da, dass er zu einer Kenntnis von der Prophetenweisheit käme und, sich darauf verlassend, dass die kritischen Tage erst übermorgen beginnen, heute noch mit offener Flamme arbeitend, sich und seinen Genossen den Tod brächte. Freilich könnte man ihm sagen, dass es auch nach dem Propheten schwer ist zu sagen, wann die kritischen Tage anfangen und enden, in unserem Falle aber „sind alle Tage kritische Tage".

Im Krakauer Gebiete bei Jaworżno reicht der nördliche Flügel des oberschlesischen Beckens in Fortsetzung des russischen Antheiles auf etwa 570 *qkm* Fläche nach Galizien und dürfte hier noch ein großer Kohlenschatz zu heben sein. Bei Jaworzno sind 13 Flötze mit zusammen 32 *m* Kohle (eines der Flötze bis 7·5 *m* mächtig) aufgeschlossen. Unter einem oft mehrere Meter mächtigen Flugsande, aus dem inselartig Triasschichten als Decke der steinkohlenführenden Schichten auftauchen, liegen die Schieferthone und die lichtgefärbten, lockeren Sandsteine mit den Flötzen in regelmäßiger Lagerung, indem sie mit 5—10° gegen Südost einfallen.

Das Becken von Schatzlar-(Trautenau-Nachod-)Schwadowitz etc. am Fuße des Riesengebirges ist, wie schon erwähnt, nur der eine Flügel des großen niederschlesischen Beckens. Die kohleführenden Schichten treten in der Form von Südost-

Nordwest streichenden Streifen zwischen dem Rothliegenden auf und sind überdies mehrfach durch Verwerfungen zerstückt, durch Porphyrdurchbrüche gestört und durch Kreideablagerungen verdeckt. In den einzelnen Flötzzügen, die nach ihren Lagerungsverhältnissen (nach Jokely) als die stehenden, flachfallenden und hangenden bezeichnet werden, treten im ersteren bei Schatzlar 11 Flötze (1·5—2 *m* mächtig), bei Schwadowitz östlich von Schatzlar 12 Flötze (0·4—2·5 *m* mächtig), im Hangendflötzzug (Schichten von Radowenz) 6 Flötze von 8 *cm* bis 1 *m* auf.

Das Liegende bilden, wie schon erwähnt, Kulmschichten; wir haben es also mit einem paralischen Becken zu thun, das nach Stur geologisch jünger ist als die eigentlichen Ostrauer Schichten.[1]) Im ganzen würden, wenn man das Kulmgrundgebirge mitrechnet, in diesem Gebiete fünf verschiedene, der Zeit nach aufeinanderfolgende Floren unterschieden. Die zwei jüngsten Floren, jene der Schwadowitzer und Radowenzer Schichten, finden sich nur im südlichen (böhmischen) Muldenflügel.

Im Innern von Böhmen haben wir die productive Steinkohlenformation in echt limnischer Entwicklung im Nordwesten von Prag in dem „Becken von Kladno-Schlan-Rakonitz“ (Fig. 13, 14), das man wohl

---

[1]) Eine umfassende Arbeit über dieses Becken verdanken wir A. Schütze, Abhandl. zur geol. Karte von Preußen, III, 1882, 278 Seiten mit Karte und Profilen.

auch, besonders in seinem östlichen Theile, die Prager Kohlenmulde genannt hat, und weiter gegen Südwesten das Revier von Manetin, das Becken von Pilsen und eine größere Zahl kleinerer, heute isolierter Mulden, so jene von Merklin (südlich), Radnitz und Nyrschan (östlich von Pilsen) und andere. Die flachgelagerten Gesteine und Flötze dieser Ablagerungen liegen theils über dem böhmischen Silur, theils über den älteren krystallinischen Schiefern und Graniten und sind wohl ursprünglich ein

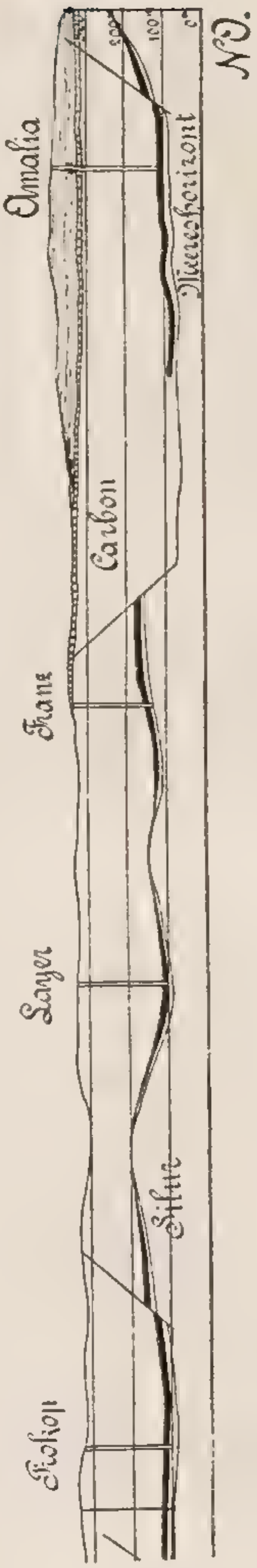


Fig. 13 und 14. Zwei Durchschnitte durch das Revier von Kladno.
(Nach Krejčí und Helmhacker.)
Die Steinkohlenformation liegt auf silurischem Grundgebirge und wird von Kreideschichten überlagert.

zusammenhängendes Ganzes gewesen, das erst später durch Abtrag in isolierte Einzelbecken geschieden wurde. Weithin sind die steinkohleführenden Gesteine übrigens unter einer Decke von jüngeren Bildungen, dem Rothliegenden und der Kreideformation angehörig, verborgen und werden oft nur an tiefer eingeschnittenen Bachrinnen sichtbar.

Betrachten wir zuerst das Becken von Schlan,[1]) so liegt bei diesem nur sehr wenig offen zutage und kennt man überhaupt nur den südlichen, nahe dem Silurrande gelegenen Theil, so dass eigentlich die Bezeichnung Becken oder Mulde hier nicht recht zulässig erscheint, da man nur den Südflügel kennt, der sich gegen Nord tief unter die Kreide und das Rothliegende senkt. Der nördliche Flügel ist in unbekannter Tiefe verborgen.

An der Basis über dem silurischen Grundgebirge (Phyllit), von demselben nur durch wenig Meter mächtige Sandsteine und Schieferthone getrennt, mit einem wenig mächtigen (0·2—1 *m*) unreinen schieferigen Kohlenflötze, dem Grundflötze, liegt das Liegend-, Haupt- oder Kladnoer (Radnitzer) Flötz. Darüber, in 100—150 *m* Entfernung davon, erscheinen einige schwache Kohlenschmitze und darüber, 400—500 *m* vom Liegendflötze entfernt, folgen die Hangendflötze.

Die Gesteine zwischen den Flötzen sind grobkörnige, aus Grundgebirgsschutt bestehende Sandsteine,

[1]) Vergl. Lipold, Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1862, S. 431—525. Krejči und Helmhacker, Geologische Karte der Umgebung von Prag, 1879.

sogenannte Arkosen und Konglomerate, die mit lettigen oder sandigen Schieferthonen in großer Einförmigkeit abwechseln. Das Hauptflötz erreicht die beträchtliche Mächtigkeit von 4—12 *m*. Es fällt am Südrande mit 12—16° nach Nord, verflacht aber weiterhin, so dass es unterhalb Schlan horizontal verläuft. Es schmiegt sich allen Unebenheiten des Grundgebirges an, wird an unterirdischen Hügelrücken schwächer und schwillt zwischen solchen Höhenrücken mächtig an.

Es besteht eigentlich aus vielen einzelnen Kohlenbänken, die durch wenig mächtige schieferthon- und sandig-schiefrige Zwischenmittel getrennt werden. Im Layerschachte bei Kladno sind es fünf, im Thinnfeld-Schachte sieben solche Bänke reiner Kohle, im ersteren mit 9·16 *m*, im zweiten mit 9·35 *m* Kohle; die Zwischenmittel haben Mächtigkeiten von meist nur 0·05 *m*, nur das oberste schwillt auf 0·32 *m* an.

Viele Verwerfungen durchsetzen die Kohle, welche auch ihrer Wasserführung wegen unangenehm sind.

Die mittleren Kohlenschmitzen sind unbauwürdig. Auch die etwas mächtigeren Hangendflötze sind ohne Bedeutung, trotzdem die Kohle eine ziemlich reine ist.

Im Pilsener Becken,[1]) das auf 10—11 Quadratmeilen Fläche (= 575—632 *qkm*) geschätzt wird, bilden grünliche Thonschiefer des Silur und Phyllite das Grundgebirge. Die Lagerung ist eine ideal-beckenförmige,

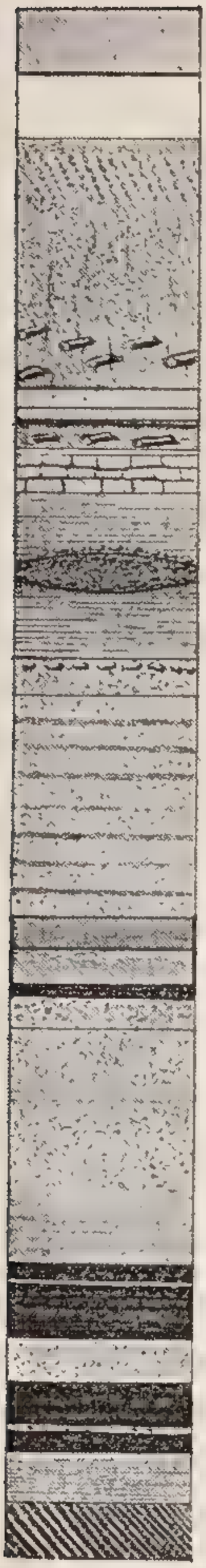
---

[1]) Nach Dr. Anton Fritsch, Fauna der Gaskohle, I. Prag 1883.

indem die Schichten allenthalben von den Rändern gegen die Beckenmitte hin, und zwar zumeist sanft geneigt, einfallen. Über die Ausfüllung des Beckens mag uns ein Blick auf das nach Fritsch gezeichnete schematische Orientierungsprofil belehren, das auf Grund der Wahrnehmungen in einer Anzahl von Schächten zusammengestellt ist und eine Mächtigkeit von etwa 170 *m* aufweist. Es mag zugleich als ein Beispiel für die Mannigfaltigkeit der Ablagerungen in einem Steinkohlenbecken dienen.

Über dem Silur (Fig. 15) folgt wie im Prager-Becken ein wenig mächtiges Sohlengestein (2) und darüber im Schachte von Tschemoschna das Hauptflötz (3, 4), das an dieser Stelle 297 *cm* Mächtigkeit besitzt und im obersten Theile Bogheadkohle (4) führt. Durch eine 10—15 *m* mächtige Sandstein-Schieferthonmasse wird das aus Kännelkohle und Gas- oder Plattelkohle bestehende Kohlenflötz davon geschieden, das durch seinen Reichthum an den merkwürdigen kleinen Sauriern berühmt geworden ist (90 *cm*) und mit (80 *cm*) Brennkohle (7) im Hangenden verbunden ist.

Darüber folgt wieder ein 27 *m* mächtiges Schieferthon-Sandsteingebirge, dann (9) ein schwarzer Sandstein, über welchem das sogenannte Nyrschaner Firstenflötz lagert (10). Über grünen und rothen Schieferthonen (11, 12) folgen nun bei Nyrschan 78 *m* mächtige Arkosen, die mit Thonschiefern (13) wechseln, dann (14) Sandsteine mit kopfgroßen Schwefelkiesknollen (5 *m*), schwarze fisch- und pflanzenführende Schieferthone mit Sphärosiderit (15), sandige Schieferthone (16), Sandsteine



	Mächtigkeit in Metern
25. Rother } 24. Weißer } Kaolin	10
23. Sandiger Kaolin mit Geröllen	2
22. Arkosen mit Araukariten	10
21. 20. Letten mit Farnen	3
19. 18. Kohle mit Araukaritenlager	4
17. Fester Sandstein	2
16. Sandige Schieferthone und Sandsteine	5
15. Schwarze Schieferthone mit Sphärosideritknollen (Ganoidfische)	4
14. Sandstein mit Kiesknollen	5
13. Arkosensandstein mit Thonschiefern (ohne Araukariten)	78
12. Rother } 11. Grüner } Schieferthon	4
10. Nyrschaner Firstenflötz } 9. Schwarzer Sandstein }	1
8. Sandsteine und Schieferthone	27
} 7. Würfelige Brennkohle	0·8
6. Gas- oder Plattelkohle mit Sauriern	0·9
5. Sandstein und Schieferthon	10—15
4. } 3. } Steinkohle mit Zwischenmittel (Radnitzer Flora)	0·3
2. Sohlengestein.	
1. Silur.	

Fig. 15. Profil durch die Schichtfolge im Pilsener Becken.
(Nach A. Fritsch.)

(17), ein kleines Flötzchen mit Araukariten (18, 19), sodann pflanzenführende Letten (20, 21) und Arkosensandstein mit zahlreichen Araukariten (22). Sandkies, weißer und rother Kaolin liegen zu oberst.

Fritsch hat gezeigt, dass das Gaskohlenflötz aus nicht weniger als acht verschiedenen Gliedern besteht. Die untere Abtheilung ist plattig, die mittlere compact und glänzend (Kännelkohle), die obere spaltet würfelig. Der Gasreichthum ist ein überaus großer (400—650 *kcm*). Die unterste Plattelkohle ist ziemlich verunreinigt und in ihr fanden sich die erwähnten Saurier, deren Gewinnung und Beschreibung Prof. Fritsch ein großes Werk widmete, dessen erster Band mit dem Lyellpreise der Londoner geologischen Gesellschaft gekrönt wurde.

Unter anderem fanden sich hier die großen, als *Melosaurus* bezeichneten Formen, in einem thonigen weißen Gestein fanden sich die zahlreichen kleinen Formen, welche als *Branchiosaurus*, *Microbrachis*, *Sciurosaurus*, *Dolichosoma* etc. bezeichnet werden, zum Theil geradezu winzige Thierchen. In der Kännelkohle und darüber finden sie sich nur mehr vereinzelt neben zahlreichen Stigmarienstöcken und anderen spärlichen Pflanzenresten.

Von den Sauriern ist der *Branchiosaurus salamandroides* Fritsch der populärste geworden und findet sich vielfach abgebildet. Es ist ein kleiner Verwandter der seit langem bekannten „Labyrinthzähner“ (*Archegosaurus* aus dem Saarbrücker Becken), die aber nun, da sie nicht alle gefaltetes Zahnemail aufweisen, als die Stegocephalen bezeichnet werden. Ihre Merkmale liegen in der ausge-

bildeten Verknöcherung des Schädelskeletes, den Zähnen, in den an Froschkiefer erinnernden Kiefern und in den Knochenringen in den Augen. *Branchiosaurus* speciell hat einen salamanderförmigen Körper mit einer zart-schuppigen Haut, ein Kiemengerüst und ein recht wohl verknöchertes Skelet. Die Gesammtlänge des Körper beträgt 16 bis 64 *mm*.

Im ganzen haben sich in der Gaskohle 38, im Horizonte von Kounowa (nördlich von Rakonitz) 31, in der echten Permformation 22 Thierformen, und zwar durchwegs Land- und Süßwasserformen gefunden. Die Gaskohle und der Horizont von Kounowa („Schwarte“) haben nur zwei Fische (*Orthacanthus bohemicus* Fr. und *Phylolepis* sp.), die Schwarte und die echten Permschichten nur einen Fisch, den feinschuppigen *Acanthodes gracilis* Römer gemein. Alle anderen Formen gehören nur je einem der drei genannten Horizonte an.

Das Kladnoer Hauptflötz entspricht dem oberen Radnitzer Flötze, das Liegendflötz in Pilsen dem Lubno- und Morawiaflötz bei Rakonitz. Die mittleren Kohlen-flötzchen entsprechen nach Fritsch den Nyrschaner Flötzen im Pilsener Becken, die Hangendflötze und die „Schwarte“ von Kounowa sind viel jünger als die Gaskohle von Nyrschan im Pilsener Becken.

Das Kohlenbecken von Rossitz-Oslawan[1]) im Westen von Brünn gehört einem schmalen, kaum 7 *km*

---

[1]) Ausführliche Darlegungen in den Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Brünn von Alex. Makowský und A. Rzehak. Brünn 1884.

breiten, aber über 130 *km* langen, flachen, seine Convexseite nach Osten richtenden Bogen an, der aus zu Tage gehenden Rothliegendschichten besteht, bei Senftenberg in Böhmen beginnt und im Norden von Kreideschichten verdeckt, im Süden zwischen krystallischen Gesteinen eingeklemmt bis über Mähr.-Krumau verläuft, ja in einzelnen isolierten Lappen bis in die Gegend der Donau bei Krems hinausreicht. Bei Rossitz-Oslawan tritt die productive, oberste Steinkohlenformation auf, auf einer verhältnismäßig kurzen Strecke, mit einem etwa 47 *qkm* umfassenden Flächenraume (nur in einer Länge von 12 *km* und auf etwa 700 *m* in die Tiefe verfolgt bauwürdig). Die betreffenden Schichten

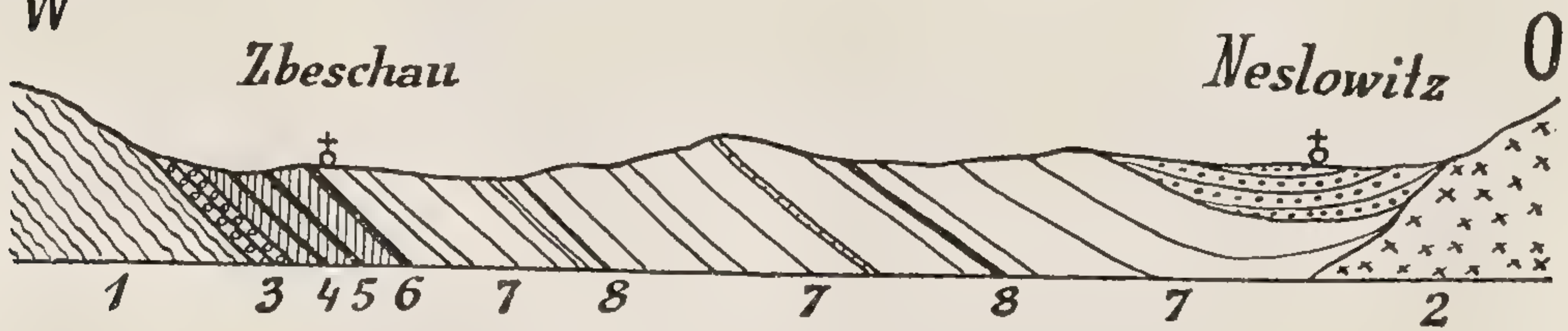


Fig. 16. Durchschnitt durch das Kohlenbecken von Rossitz.
(Nach A. Makowsky und Rzehak.)

1 Gneis, 2 Syenit, 3 das Liegendconglomerat, 4, 5, 6 die drei Flötze des obersten Karbon, 7 graue und rothe Sandsteine und Schiefer, 8 Brandschiefer (7, 8 unterste Abtheilung des Perm), zu oberst bei Neslowitz das Hangendconglomerat.

(Fig. 16), durch ihre Flora als dem jüngsten Karbon entsprechend charakterisiert, liegen, mit einer (15 bis 48 *m* mächtigen) Conglomeratlage beginnend, über dem Gneiss und fallen ziemlich steil gegen Osten ein. Die kohleführenden Sandsteine und Arkosen umschließen drei bauwürdige Flötze, deren jedes von Schieferthon begleitet wird, mit zusammen 8—9 *m*, bei einer Gesammtmächtigkeit der Formation von etwa 220 *m* in der Beckenmitte. Das unterste Flötz liegt 28 *m* von dem Liegendconglomerat entfernt und besitzt eine Mächtigkeit von 0·8—1·5 *m*, das mittlere, 56 *m* vom ersteren, ist in der Segengottesgrube 1 *m* mächtig, wächst aber in der Beckenmitte auf 2·5 *m* an.

In einer Entfernung von 90 *m*, durch schieferige Sandsteine und Schieferthone mit 3—5 kleinen Flötzchen getrennt, folgt das Hangend- oder das Hauptflötz, das 1·5—11·5 *m* (bei Padochan) mächtig, im Süden bei Neudorf sich auf 1 *m* Mächtigkeit verjüngt.

Unmittelbar darüber beginnt das Rothliegende, rothe und gelbgraulichе Sandsteine mit unbedeutenden Brandschieferflötzen. An der Ostseite, wo Syenit ansteht, tauchen die Flötze nicht empor.

Productives Karbon ist in Cisleithanien außerdem nur noch in den Alpen an wenigen Punkten bekannt. So an der Grenze von Steiermark, Kärnten und Salzburg, in der mächtigen Masse der Stangalpe und des Eisenhutes, und im Paalgraben bei Murau, wo es muldenförmig den krystallinischen Schiefern aufgelagert ist. Es besteht aus Kalkstein mit Eisenerzlinsen, Thonschiefern und Quarz-

conglomeraten, in welchen dünne Lagen eines dunklen Thonschiefers auftreten, welcher Pflanzenreste und ein kleines Anthracitflötz umschließt, das sich gleichfalls in linsenförmige Massen auflöst. Die Pflanzen lassen auf oberstes Karbon schließen. Seit langem sind außerdem Graphitlager in alten Schiefern in Nordsteiermark, z. B. in der Gegend von Trieben und St. Michael, sowie kleine Vorkommnisse davon in der Gegend von Reichenau und bei Breitenstein am Semmering bekannt. Dem Vortragenden war es aufbehalten, [1]) in diesem weithin reichenden, wenn auch verhältnismäßig wenig mächtigen Gebirgsgliede bei Klamm am Semmering Pflanzenreste aufzufinden, welche von unserem ausgezeichneten Phytopaläontologen Director Stur als dem unterkarbonen Horizonte von Schatzlar angehörig bestimmt wurden.[2]) In den Alpen ist somit die Umwandlung der Kohle bis in ihre äußersten Grenzglieder, Anthracit und Graphit, vollzogen. Ähnlich so ist pflanzenführendes Karbon auch aus den Westalpen, in Savoyen und in der westlichen Schweiz bekannt geworden.

Schwarzkohlen finden sich außerdem in der alpinen Trias in der Gegend von Lunz in Niederösterreich („Lunzer Schichten"), sowie im Lias unweit davon in der Gegend von Gresten („Grestener Schichten"). Endlich sind auch die Schichten der so bekannten Fjordkreide:

---

[1]) Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt 1877, S. 240 und Denkschriften der kais. Akademie 1885, S. 121.

[2]) Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1883, S. 198.

die Gosauschichten z. B. bei Grünbach in der Neuen Welt, unfern Wiener-Neustadt, kohleführend.

Ende 1886 waren auf Steinkohlen in Österreich (Cisleithanien) Bergwerksmaße verliehen:

		Steinkohlen Mill. Tonnen
Kladno-Schlan-Rakonitz	123·54 *qkm*	1·625
Pilsen-Mies	11·56 „	1·483
Schatzlar-Schwadowitz	42·96 „	0·207
Mähr.-schlesisches Becken	105·50 „	3·271
Galizien	118·90 „	0·509
Rossitz	46·98 „	0·266

Die böhmischen Braunkohlenbecken umfassen (in den Bergwerksmaßen 1886) etwa 630 *qkm* Flächenraum, die steirischen aber ca. 112 *qkm*.

Die Ausfuhr von österreichischen fossilen Brennstoffen (Steinkohlen, Braunkohlen und Koks) betrug im Jahre 1886 in Summa 45·397 Millionen Metercentner im Werte von 18,245.517 fl., und zwar giengen davon:

				Stein-kohlen	Braun-kohlen
nach	Süddeutschland .	7·017 *mctr*		3·270	3·711
„	Sachsen	35·324 „	42·528	0·802	34·512
„	Preußen	0·187 „		0·086	0·027
„	Russland	0·273 „		0·209	—
„	Rumänien . . .	0·420 „		0·410	0·008
„	Serbien	0·164 „		0·161	—
„	Italien	0·518 „		0·062	0·332
„	der Schweiz . .	0·054 „		0·033	0·004
„	Triest	0·693 „		0·517	—
„	Fiume	0·744 „		0·643	0·096

Steinkohlenproduction Österreichs (der im Reichsrathe vertretenen Königreiche und Länder) in den Jahren 1885 und 1886.[1])

	Braunkohlen in Millionen Tonnen		Steinkohlen in Millionen Tonnen		Preise der Steinkohlen pr. Meter-Ctr. am Erzeugungsorte, in Kreuzern	
	1885	1886	1885	1886	1885	1886
Böhmen	7·8103	8·3515	3·3890	3·3166	29·29	28·97
Niederösterreich	0·0098	0·0083	0·0525	0·0543	57·00	56·58
Oberösterreich	0·2629	0·2679	—	—	—	—
Mähren	0·1065	0·1053	1·0325	1·0112	36·96	36 57
Schlesien	0·00059	0·00059	2·4605	2 5291	32·36	31·22
Bukowina	—	—	—	—	—	—
Steiermark	1·9713	1·8642	$0·0003_8$	$0·0003_6$	58·10	67·00
Kärnten	0·0828	0·0767	—	—	—	—
Tirol	0·0224	0·0216	—	—	—	—
Vorarlberg	0·0144	0·0139	—	—	—	—

Krain	0·1340	0·1209	—	$0·0000_3$	—	80·00
Görz und Gradiska	—	—	—	—	—	—
Dalmatien	0·0710	0·0296	—	—	—	—
Istrien	0·0710	0·0676	—	—	—	—
Galizien	0·0065	0·0027	0·4436	0·5095	14·88	14·63
In ganz Österreich	10·5141	10·9313	7·3786	7·4212	(30·72)	(30·06)
Zur Ausfuhr gelangten	3·9884	4·5536 davon Böhmen: 4·3443	0·8123 [2])	0·8319		
Gesammtwert in Millionen Gulden	18·258	18·674	22·669	22·307		

[1]) Statistisches Jahrbuch des k. k. Ackerbauministeriums, 1886 und 1887.

[2]) Weicht ab von den im Statistical Abstract gegebenen Zahlen, was offenbar durch die nach Ungarn gehenden Kohlen zu erklären ist.

Bayerische Staatsbibliothek München

In Ungarn spielt die echte Steinkohlenformation eine recht untergeordnete Rolle. Im Banat treten innerhalb der krystallinischen Gesteine zwei meridional verlaufende Sedimentärgesteinszonen auf, die eine in der Gegend von Mehadia, die zweite westlich davon zwischen Bogschan und Moldawa. Die ältesten Ablagerungen dieser beiden Mulden gehören dem Karbon an. Im westlichen Zuge bei Szekul und Reualb, östlich von Reschitza, liegt unmittelbar über dem Gneiss und Glimmerschiefer ein Complex von Conglomeraten und Schiefern mit drei Flötzen von 0·6—3 *m* Mächtigkeit. Auch im östlichen Zuge finden sich kleine isolierte Kohlenvorkommnisse.

Außerdem besitzt Ungarn nur Schwarzkohlen, die der Liasformation angehören, analog jenen von Gresten; es sind dies die Schwarzkohlenreviere von Fünfkirchen und Steierdorf.

Die Gesammtausbeute an Schwarzkohlen betrug in Ungarn im Jahre 1881 0·848 Millionen Tonnen; davon entfallen auf Fünfkirchen 0·496, auf Steierdorf und die kleineren Reviere im Banat 0·349 Millionen Tonnen. Die Gesammtausbeute an Braunkohlen in demselben Jahre beträgt 1·113 Millionen Tonnen.[1])

Ein Blick auf die von Fr. Foetterle und Hans Höfer (1869) zusammengestellte Karte der Circulation

---

[1]) Vergl. des Verf. Mineralproductenkarte von Österreich-Ungarn in Hölzels Physikalischem Atlas von Österreich-Ungarn.

der Kohlen Österreich-Ungarns lässt uns die Wichtigkeit der Hauptreviere auf das beste erkennen. (Dir. Pechar hat eine ähnliche Karte allein für die böhmische Braunkohle verfasst, 1870.)

Eine ganz außerordentlich räumliche Ausdehnung erreicht die Steinkohlenformation in **Russland.** Weitaus der größte Theil der betreffenden Flächen wird jedoch vom marinen Bergkalk eingenommen. Außer dem schon erwähnten Antheile Russlands an dem oberschlesischen Becken (1875: 388.000 Tonnen Förderung) haben nur die productiven Gebiete im centralen Russland: das Becken von Moskau und am Donetz eine größere Bedeutung.

Das erstere umfasst einen Flächenraum von fast 23.000 *qkm*, von welchem gewaltigen Raume jedoch nur die Randpartien in Betracht kommen, da im centralen Theile die sehr schwachen Flötze in bedeutender Tiefe liegen. Die Kohle ist eine minderwertige und wurden 1875 etwa 388.000 Tonnen gefördert.

Das Donetzbecken nimmt einen Flächenraum von über 27.000 *qkm* ein. Sein Kohlenschatz wurde (1874 von Bock) auf über 10.000 Millionen Tonnen geschätzt. Die Flötze sind jedoch zumeist von sehr geringer Mächtigkeit, so dass eine sonderliche Productionssteigerung kaum zu erwarten ist. Ihre Zahl beträgt nicht weniger als 225, doch sind nur wenige davon bauwürdig. 1875 wurden 843.000 Tonnen gefördert.

Im westlichen Theile des Beckens finden sich nur Steinkohlen, im südlichen dagegen vorzugsweise Anthracit.

Auch die Steinkohlen am Ural haben kein weiteres, sondern bis nun nur ein rein locales Interesse. Dasselbe gilt von allen kleineren Vorkommnissen des weiten russischen Reiches.

Alle übrigen europäischen Länder können außer Betracht bleiben.

Nordamerika.[1]) Die großartigen Steinkohlenreviere der Vereinigten Staaten (Fig. 17) liegen im östlichen und mittleren Theile derselben und umfassen einen Flächenraum von einer halben Million Quadratkilometer. Davon entfalten auf:

	Quadrat-Kilometer	In Mill. Großtonnen[2]) 1874	1885
1. das Anthracitgebiet von Neu-England (Rhode-Island) . .	1·295	0·017	—
2. die Anthracite von Pennsylvanien	1·217	21·667	32·265
3. das appalachische Kohlenfeld (Pennsylvanien, Maryland, West-Virginien, Ohio, Kentucky, Tennessee, Alabama).	152·804	18·700	39·845[3])
4. das Michiganbecken	17·352	0·012	0·045
5. das centrale Gebiet (Illinois-Indiana-Kentucky)	121·725	4·088	11·718[4])
6. das Missouri-Kohlengebiet (Jowa, Missouri südwärts bis Texas)	202·012	2·470	8·129
zusammen . .	496·405	46·954	92·002

[1]) H. Höfer, Die Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas. Weltausstellungsbericht, Wien 1878. Mineral Resources of the United States. Washington 1885—7.

[2]) 1 Großtonne = 1015·94 *kg*.

[3]) Davon Pennsylvanien allein 23·214.

[4]) Davon Illinois allein 8·743.

In den britischen Besitzungen liegt das akadische Steinkohlenfeld (Canada, Neu-Braunschweig, Neu-Schottland mit einem Flächenraume von 5700 *qkm*, welches 1875 nur circa 800.000 Tonnen förderte). Außerdem finden sich in Nordamerika, in Virginia und Nord-Carolina triadische Kohlen und im Westen (in Californien,

Fig. 17. Die Kohlenfelder von Nordamerika.

Colorado, Nevada, Oregon, Utah, Washington und Wyoming) noch jüngere (Kreide und Tertiär) Kohlen von untergeordneterer Bedeutung.

Schon die oben angeführten Zahlen geben Zeugnis von dem außerordentlichen Aufschwung der amerikanischen Steinkohlenproduction. Aus unserer allgemeinen

Tabelle (zu S. 113) sind weitere Angaben ersichtlich. Die wichtigste Rolle spielt jedenfalls die Kohle von Pennsylvanien, sowohl der Anthracit als auch die ausgezeichnete Kokskohle. Aber auch der große Aufschwung der mittleren Kohlenfelder ist ein überaus großartiger. Erwähnenswert ist, dass trotz der immensen Steinkohlenproduction, die geradezu verschwenderisch genannt werden konnte (Pechar l. c., S. 197), indem fast ein Drittel der gesammten Kohlenförderung „als Haldenverlust“ bezeichnet wurde, für die Küstenstaaten immer noch Import von englischer (an der atlantischen Küste) und australischer Kohle (an der pacifischen Küste) im Gange ist, der im Jahre 1885 circa 770.000 Großtonnen (gegen 437.000 im Jahre 1875) betrug. Obgleich in derselben Zeit die Ausfuhr nach Canada und Westindien von 203.000 Tonnen auf 683.000 stieg, so überwiegt die Einfuhr immer noch um circa eine halbe Million Dollars.

Was den geologischen Bau des kohleführenden Gebirges in den Vereinigten Staaten anbelangt, so sollen die Verhältnisse im pennsylvanischen und appalachischen Kohlenfelde in erster Linie in Betracht gezogen werden. Annähernd parallel zur atlantischen Küste verläuft das Alleghanygebirge, ein ausgezeichnetes Faltengebirge, das an ein östliches Gneissterrain angepresst erscheint, so zwar, dass die östlichsten Faltenzüge am meisten weitgehend zusammengeschoben erscheinen und ihre Schenkel widersinnig gegen das Gneissgrundgebirge einfallen, während weiter westwärts die Faltung im all-

gemeinen regelmäßig verläuft und im appalachischen Kohlenfelde auf weite Erstreckungen hin die Schichten nur ganz wenig geneigt sind. Silur, Devon und marine Kohlenkalke sind von dieser Faltung mit betroffen. Im östlichen Theile werden die Schichten auch vielfach von weitgehenden Verwerfungen durchzogen. Dadurch und durch nachherigen Abtrag der Sättel erscheinen die einzelnen Mulden von einander isoliert, durch Schichtensättel von älteren Gesteinen von einander geschieden. In den stark gefalteten östlichen Terrains treten die Anthracite in nicht weniger als 16 bedeutenden Mulden, im weniger gestörten weiten appalachischen Felde aber die bituminösen Kohlen auf. Zwischen beiden finden sich auch Zwischenformen, so dass ein förmlicher allmählicher Übergang stattfindet, der mit den tektonischen Störungen in Zusammenhang gebracht worden ist. Das appalachische Kohlenfeld ist von dem centralen Kohlenfelde im Westen durch eine weite und flache Aufwölbung silurischer Schichten, „die Antiklinale von Cincinnati“, geschieden, während das Missouri-Kohlenfeld davon durch eine noch flachere Wellenhöhe aus marinen Karbonschichten, in welchen der Mississippi verläuft, geschieden ist.

Die productive Steinkohle beginnt mit Conglomeraten, mit welchen Sandsteine („Millstonegrit“) verbunden sind, die besonders im Osten mächtig werden; darüber folgen Schieferthone und Sandsteine, das eigentliche kohlenführende Gebirge. In jeder der Anthracitmulden sind die Gesteinsschichten in kleinere, secundäre

Falten gelegt, ohne dass dabei Verwerfungen oder Überschiebungen eine Rolle spielen würden. Der Millstonegrit des südlichen Anthracitbeckens hat über 300 *m* Mächtigkeit, im nördlichen Hauptbecken dagegen kaum 70 *m*. Dass diese Faltungen auf Gebirgsdruck, „tangentiellen Druck“, zurückzuführen seien, habe ich schon bei einer früheren Gelegenheit dargelegt. Die Abnahme des sandigen Sedimentes nach Norden hin, mit welcher ein Kleinerwerden des Kornes der Conglomerate Hand in Hand geht, würde auf eine Füllung des ursprünglich einheitlich zu denkenden großen Beckens von Süden her sprechen. Für diese ursprüngliche Einheitlichkeit spricht auch die Analogie der Flötze in den einzelnen Mulden. In der südlichen Anthracitmulde treten 14 Flötze auf (mit 1—8 *m* Mächtigkeit), die eine Gesammtkohlenstärke bis zu 37 *m* erreichen, während man im allgemeinen eine mittlere Mächtigkeit des abbauwürdigen Anthracites von etwa 17 *m* für das ganze Anthracitgebiet annehmen kann. Von diesem gewaltigen Quantum Anthracit dürften bis zum Jahre 1885 etwas mehr als 500 Millionen Großtonnen verbraucht worden sein, so dass der Gesammtreichthum, auf 30.000 Millionen geschätzt, bei gleichbleibender Förderung wie im Jahre 1885 auf fast ein Jahrtausend reichen würde.

Im appalachischen Kohlenfelde (Fig. 18 und 19) liegen fünf mit dem Alleghanygebirge parallele Wellen des etwa 700 *m* mächtigen, flötzführenden Gebirges, das in vier Abtheilungen unterschieden wird, mit vier oder fünf bauwürdigen Flötzen von zusammen 4—7 *m* Mäch-

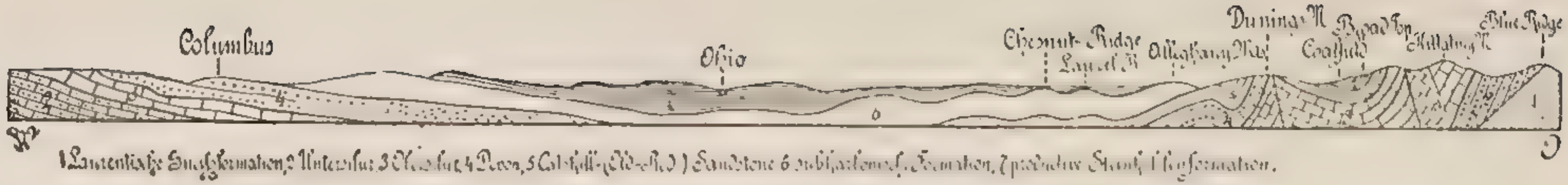


Fig. 18. Profil durch das Alleghanysystem und das appalachische Kohlenbecken.
(Nach H. Credner.)

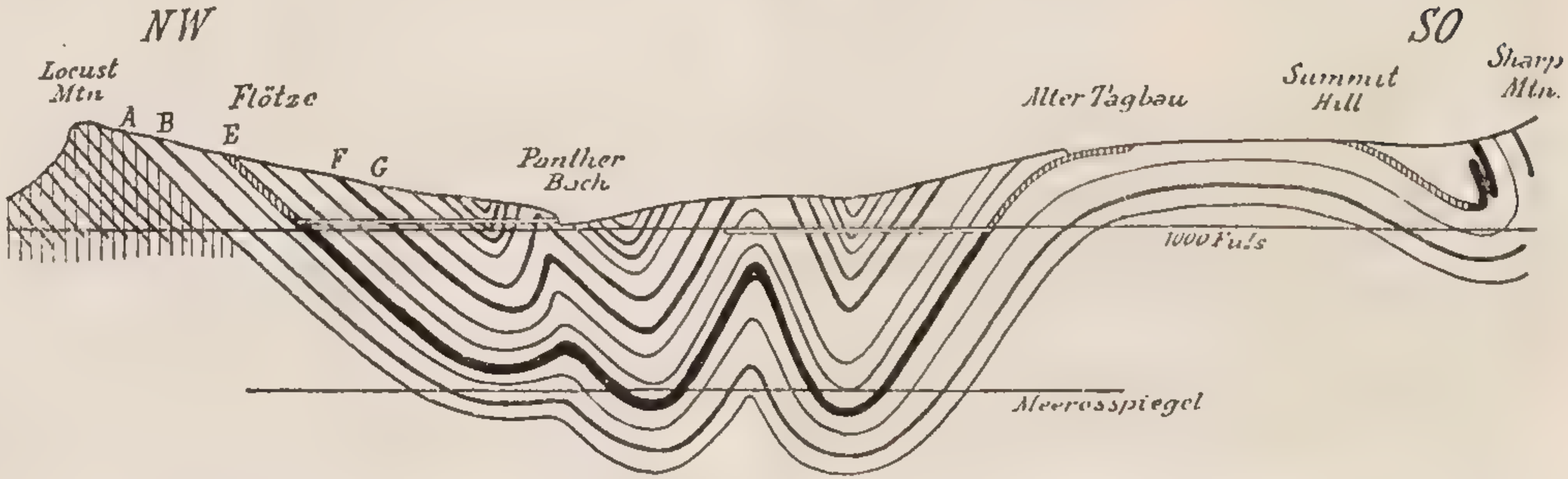


Fig. 19. Durchschnitt durch den östlichen Theil des ersten Anthracitbeckens.
(Nach H. Höfer.)
Die schraffierten Theile der Flötze bedeuten die abgebauten Partien.

tigkeit, von welchen nur das oberste, nicht im ganzen Becken erhaltene Flötz („H“) eine Mächtigkeit von 1·5—2·6 *m* erreicht, was eine Abnahme der Flötzmächtigkeit von Ost nach West beweist.

Im Missourigebiete ist das kohleführende Gebirge bei 200 *m* mächtig und ist gewöhnlich nur ein Flötz in der unteren Abtheilung desselben bauwürdig mit 1·3—2·3 *m* Mächtigkeit.

Alle übrigen Kohlenvorkommnisse des amerikanischen Continentes sind bis zur Stunde ohne Belang, obgleich in Brasilien sowohl, als auch in Bolivia, Argentinien und Chile (Braunkohle) fossile Brennstoffe angetroffen wurden. In Columbien sollen sich Steinkohlen sogar in großer Menge finden. (Die Ausbeute in Britisch-Columbien soll im Jahre 1885 400.000 Tonnen betragen haben.)

Asien. Das kohlenreichste Gebiet Asiens, das zweitreichste der Erde, ist China. Die Kohlenlager Chinas (Fig. 20) gehören zwei verschiedenen Perioden an: dem Karbon und dem Jura. Die ersteren dürften vorwiegend der productiven Steinkohlenformation zuzurechnen sein, wenngleich einzelne der von Professor A. Schenk beschriebenen Pflanzen bis in das Perm hineinreichen,[1]) ohne dass sich die Charaktere der Flora des *Glossopteris*-Festlandes vorfänden. Wir wollen nur die Karbonkohlenbecken in Betracht ziehen, weil in ihnen die großartigsten Kohlenmassen liegen, welche auf der

---

[1]) v. Richthofen, China, IV. Bd., 1883, S. 243.

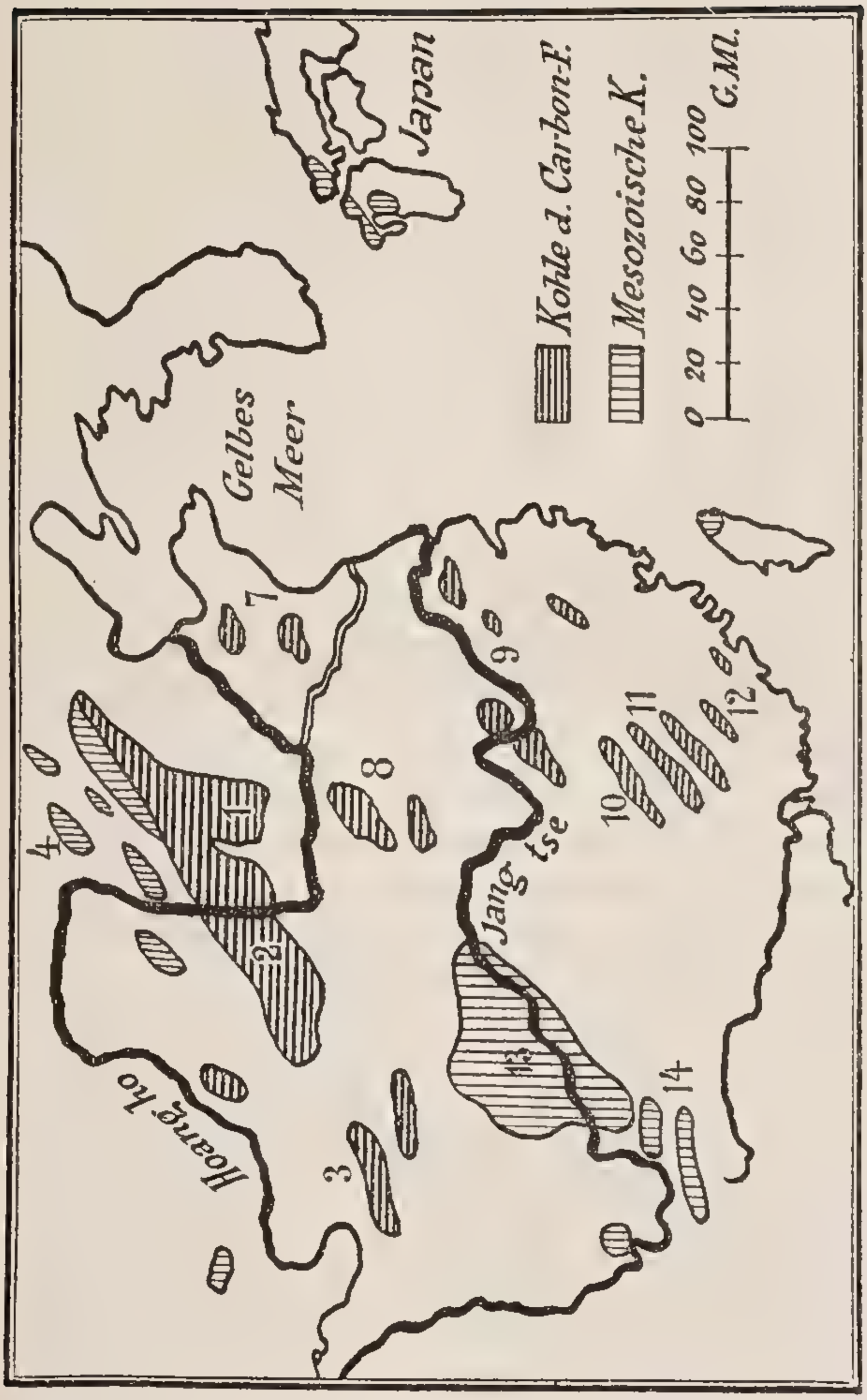


Fig. 20. Die chinesischen Kohlenfelder.
(Nach Richthofen - Hochstetter.)

1 Schantung, 2 Schensi, 3 Kansu, 4 Tatungfu, 7 Schantung, 8 Honan, 9 Hupé, 10, 11, 12 Hunan, 13 Sz'tschwan, 14 Jünan.

Erde bekannt wurden. Die Chinesen benützen die Kohlen wohl schon seit geraumer Zeit. Marco Polo hat sie im 13. Jahrhundert schon in localer Benützung gesehen. Er sah in Nordchina „einen schwarzen Stein, den man aus den Bergen gräbt. Wenn er angezündet wird, brennt er wie Kohle und hält die Hitze weit besser als Holz. Abends spät legt man ihn aufs Feuer und morgens findet man ihn noch brennend“. Wir ersehen daraus, dass die Chinesen den großen Schatz, der in ihrem weiten Lande liegt, schon sehr frühzeitig kannten. Die ersten neueren Mittheilungen darüber kamen in den sechziger Jahren hauptsächlich durch den Reisenden Raph. Pumpelly nach Europa, genaue Darlegungen aber hat erst Freiherr von Richthofen in seinem epochemachenden Werke über China und in den verschiedenen vorläufigen Mittheilungen gebracht. Ein eigentlicher Bergbau bestand jedoch bis in die jüngste Zeit kaum, es wurde der Brennstoff nur in wenig tiefen Gruben gewonnen, bis das Wasser Schwierigkeiten zu bereiten begann.

Von den kleineren und wenig wichtigen Vorkommnissen soll abgesehen werden, nur die allerwichtigsten der karbonen Becken, an welche sich große Zukunftshoffnungen knüpfen, sollen erwähnt werden.

Großer Kohlenreichthum wird für den südlichen Theil der Provinz Hunan angegeben. Richthofen schätzt die betreffenden Kohlenfelder auf etwa 18.200 engl. Quadratmeilen (47.000 *qkm*). Im Süden führen sie Anthracit, im Norden bituminöse Kohle. Geradezu großartigen Kohlenreichthum umschließen die nördlichen

Provinzen Schansi und Schensi. Im südöstlichen Schansi erstreckt sich ein auf 634 deutsche Quadratmeilen (= 340.000 *qkm*) geschätztes Kohlenfeld mit einer Gesammtflötzmächtigkeit von etwa 40 Fuß (über 12 *m*), woraus sich 630 Milliarden Tonnen berechnen lassen.

Der Abbau ist leicht und auf Jahrhunderte mit den leichtesten Mitteln zu betreiben. Das kohleführende Gebirge liegt 700—1000 *m* hoch über der großen Ebene des Ostens auf einem Tafelland aus Kalkstein und wird durch eine Kalksteindecke und Einlagerungen von Kalkstein vor der Abtragung geschützt. Die Kohle ist ein Anthracit von großer Festigkeit und Reinheit und wird von vorzüglichen Eisenerzen begleitet. Eine Tonne stellt sich auf 6 Pence (25 kr.). Im westlichen Schansi erstrecken sich, von dem Anthracitgebiete durch den nordsüdlich streichenden Gneisszug des Hoshan geschieden, Lagerstätten bituminöser Kohlen, welche in tafelförmiger, durch Verwerfungen vielfach zerstückter Lagerung (etwa 8 *m* mächtig) einen Flächenraum von vielleicht 1000 deutschen Quadratmeilen (55·000 km^2) bedecken. Auch beckenförmige Einsenkungen kommen vor. Eine Tonne kommt auf kaum 4 Pence (13—17 kr.) zu stehen.

In Honan setzt sich der Anthracit von Ost-Schansi fort, tritt aber weniger günstig gelagert auf, so dass die mächtigen Flötze mittels Schachtanlagen abgebaut werden müssen, wogegen die geographische Lage des Beckens am Hoang-ho wieder nicht günstiger gedacht werden kann; außerdem gibt es noch einige kleinere Kohlenlager. Auch in Kansu und im südwestlichen Schensi

sollen ausgedehnte Steinkohlenreviere liegen. In den nördlichen Provinzen wären außerdem noch die Kohlenlager in der Nähe von Peking im Thale von Tschaitang und in der Provinz Tschili zu erwähnen, sowie jene von Schantung, welche zunächst dem gelben Meere liegen und in erster Linie für die Hafenplätze von Wichtigkeit zu werden versprechen, wenn sie erst in ein Eisenbahnnetz einbezogen sein werden.

In den südlichen Provinzen liegen die Kohlenfelder von Hunan (Anthracite und bituminöse Kohlen), welche einen Flächenraum von etwa 850 deutschen Quadratmeilen (4600 *qkm*) bedecken sollen, mit Flötzen von 1 bis 2 *m* Mächtigkeit. Eine großartige Ausdehnung besitzen die mit den indischen Kohlen in Vergleich zu bringenden, einen Flächenraum von 100.000 engl. Quadratmeilen einnehmenden Kohlengebiete von Sz'tschwan, Kweichan und Jünan, die jedoch zu weit vom Meere abgelegen sind und auch in ihrer Güte mit jenen von Schansi nicht rivalisieren können. Das letztere Kohlengebiet aber ist gewiss dasjenige der Zukunft.

Das zunächst in Betracht kommende Gebiet ist Indien, wo sich nach Blanford südlich vom Ganges bis über den Godaveri, von Calcutta bis zum Nerbudda die erste große Kohlenregion ausdehnt, die in vier verschiedenen Gruppen Kohlen führt. (Vergl. v. Hochstetters Zusammenstellung: Asien, S. 156.)

In dem großen Kohlenfelde in den Rajmahal-Hills nordwestlich von Calcutta mit 1300—1500 *qkm* Oberfläche finden sich zahlreich von 1·3—10·5 *m* mächtige

Flötze mit zusammen 30—36 *m* Kohle, deren Reichthum Oldham auf 14.000 Millionen Tonnen schätzt, freilich minderer Qualität, so dass sie die Zufuhr englischer Kohlen nicht entbehrlich macht und auch in der Ausbeute zurückgeht. Über die Altersbestimmung der jüngere Charaktere aufweisenden indischen Kohlen an anderer Stelle (S. 116). Auch in Tongking sind Kohlenvorkommnisse bekannt geworden.

In Japan findet sich im Südwesten (bei Nagasaki) ein vorzüglicher Anthracit, auf der Insel Takaschima aber bituminöse Kohle. Im übrigen Asien kennt man Kohle in Kleinasien (Erekli am schwarzen Meere), in Persien (Liaskohle in Alburs), am Osthange des Urals (Kamenskoi), am Altai (das nicht unanschnliche Kusnetzksche Becken), in der Kirghisensteppe; Liaskohle findet sich am Kaukasus, auf der Halbinsel Mangischlak am Kaspi etc. Die Kohle von Sachalin ist tertiären Alters.

In Afrika werden Kohlenfelder, und zwar Anthracite und Braunkohlen als vielverheißend und ausgedehnt in der Capcolonie, in Natal, im Orange River-Freistaate und in Transvaal angegeben, die auf etwa 500 Millionen Tonnen geschätzt wurden.

In Australien liegen Kohlenfelder sowohl in Victoria und in Neu-Südwales, wo sie entlang der pacifischen Küste hinziehen, auf 200 engl. Meilen (320 *km*) Länge und mit einer Oberfläche von 75.000 engl. Quadratmeilen (40.000 *qkm*). Das Hauptrevier ist jenes von Newcastle, dessen Production in steter Zunahme begriffen ist. Die Mächtigkeit des kohleführenden

Schichtencomplexes beträgt mehr als 800 *m*. (Die australichen Kännelkohlen gehen nach China und St. Francisco.) Die Kohlen, in Flötzen bis zu 3 *m* mächtig, sind bituminös, theils Flamm-, theils ausgezeichnete Gaskohlen und meist von Eisenerzen begleitet. Ausgedehnte Lager werden auch in Queensland angegeben.

Auf Neuseeland wurden nur Kohlen jüngeren Alters, sowohl auf der Nord- als auch auf der Südinsel aufgefunden. (Vergl. v. Hochstetters „Neuseeland“.)

Von Interesse ist weiters gewiss ein Blick auf die Bedeutung der Kohle im Welthandel. Die englische Kohle spielt dabei bis zur Stunde die weitaus wichtigste Rolle, wenngleich der Aufschwung, den der Kohlenexport Deutschlands in den letzten Jahren erfahren hat, ein überaus auffallender ist. Im Jahre 1876 war der Kohlenexport Englands weit größer als der aller anderen kohleproducierenden Länder zusammengenommen. Die nebenstehende Tabelle wird die Verhältnisse entsprechend erläutern.

Herr Director Franz Simmersbach in Bochum hat die Steinkohlenfrage für Deutschland, mit Rücksicht auf die übrigen kohleproducierenden Länder Europas erörtert.[1]) Er hat vor allen die drei wichtigsten kohlefördernden Reiche der Erde, England, die Vereinigten Staaten und Deutschland, in Vergleich gebracht und ge-

---

[1]) Man vergleiche zwei Aufsätze: „Deutschlands Steinkohlenablagerungen und Förderungen“, Annalen für Gewerbe und Bauwesen, 1885, S. 48 ff., und „Die Steinkohlenfrage in Europa“, ebenda 1886, S. 203 ff.

Die Steinkohle als Gegenstand des Welthandels.[1])

(Steinkohle und Koks in Millionen metrischen Tonnen.)

	Import		Export	
	1875	1885	1875	1885
Russland	0·539	1·825	—	—
Norwegen	0·482	0·826	—	—
Schweden	0·766	(1884) 1·378	—	—
Dänemark	0·777	(1884) 1·288	—	—
Hamburg	1·002	1·6322	—	—
Deutschland . . .	(1876) 2·105	2·297	(1876) 5·288	8·996
Holland	2·138	3·500	—	—
Belgien	—	—	4·064	4·338
Frankreich	7·656	9·943	—	—
Schweiz	0·542	0·781	—	—
Portugal	0·424	0·389	—	—
Spanien	0·472	1·317	—	—
Italien	1·060	2·957	—	—
Österreich-Ungarn.	(1879) 2·232	2·507	(1879) 3·269	4·102
Rumänien	(1879) 0·026	0·143	—	—
Egypten	(1876) 0·290	0·233	—	—
Vereinigte Staaten.	—	—	0·520	1·272
China (ohne Hongkong)	0·143	0·302	—	—
Japan	—	(1884) 0·021	—	(1884) 0·184
England	—	—	14·545	(1885) 23·771 (1886) 23·283

[1]) Man vergleiche Statistical Abstract, London 1886.

zeigt, dass bei einer jährlichen Steinkohlenförderung der drei genannten Reiche im Betrage von 158, 100 und 66 Millionen Tonnen und bei den Bevölkerungsziffern von 35, 40 und 46 Millionen Seelen, pro Kopf entfallen: 4·5, 2·5 und 1·4 Tonnen, dass demnach Deutschland, da in erster Linie die 58 Millionen Steinkohlen in Betracht kommen, seine Steinkohlenproduction auf das Doppelte steigern müsste, um die Amerikaner, auf das mehr als Dreifache, um die Engländer zu erreichen.

4.

Als eine Art Axiom galt bis vor kurzem die Annahme der Gleichartigkeit der physikalischen Verhältnisse während der Steinkohlenperiode über der ganzen Erdoberfläche.

Diese Anschauung ist in allerneuester Zeit durch einige zum Theil recht schwierig zu erklärende und vielleicht noch einiges weiteres Studium erfordernde Thatsachen einigermaßen erschüttert worden. Ganz in Kürze will ich versuchen, Ihnen diese Thatsachen vorzuführen. Schon seit langem (1847) ist durch W. B. Clarke bekannt geworden,[1]) dass in Südost-Australien außer den durch das Vorkommen von typischen Karbonpflanzen *(Lepidodendron, Stigmaria* und *Sigillaria)* gekennzeichneten Kohlenvorkommnissen, und zwar darüberlagernd, auch solche vorkommen, welche, in viermaliger Wieder-

---

[1]) Man vergleiche W. B. Clarke: Geologisches Alter der kohleführenden Schichten in New-Südwales, Lond. Edinb. Philosoph. Magaz. 1861, XXI, 537.

Die Kohlenproduction der Erde.[1])

In Millionen Tonnen wo nicht besondere Angabe; metrische für Europa mit Ausnahme von Russland, im übrigen Großtonnen (= 1015·94 *kg*).

	Flächenräume der Kohlengebiete in Quadr.-Myriam.			1871	1873	1880	1881	1882	1883	1884	1885	Roheisen in Mill. Tonnen 1873	Roheisen in Mill. Tonnen 1885
Großbritannien	**308·2**	1840: 15·580 1845: 31·500 1854: **64·661**	1861: **86·407** 1865: 98·150	**117·352**	**127·017**	**146·819**	**154·184**	. .	. .	**160·738**	**159·351**	6·741	7·251
Vereinigte Staaten . .	**4972·8**	1820: 365 Tonnen 1830: 232.570 „ 1840: 1,027.251 „ 1850: 3,736.186 „	1860: 9.388 1864: 10.035 (16.472?)	1870: 29·342	**50·512**	**65·415**	**76·865**	**86·711**	**96·823**	**97·519**	**95·833**	2·561	4·045
Deutschland[2])	**45·8**	1838: 2.165	1862: 15.576	Preußen allein: 1845: 3.500 1865: 18.592	**45·336**	**52·048**	**61·546**	. .	**70·443**	**72·113**	**73·675**	2·241	3·752
Frankreich	**54·0**	1789: 250.000 Tonnen 1812: 820.000 „	1820: 937.400 Tonnen 1830: 1,596.570 „ 1837: 2,148.357 „	1845: 4.200 1863: 10.707	**17·400**	**19·412**	**19·909**	**20·604**	**21·334**	**20·127**	**19·534**	1·367	1·629
Belgien	**13·20**	1845: 5.000	1864: 10.700	. .	**17·000**	**16·867**	**17·500**	. .	. .	**18.041**	**17·347**	0·607	0·715
Österreich-Ungarn[3]) . .	**46·30**	1718: 0·096 1828: 0·175	1838: 0·342 1848: 0·955	1858: 2.598 1868: 6.300 1871: 10.048	**11·909**	**14·310**	**15·304**	**15·555**	**17·048**	**17·198**	**17·892**	0·595	0·806
Russland	**774·00**	. .	1847: 2.800	1873: 6.350	**1·200**	**3·218**	**3·255**	**3·742**	. .	**3·950**	. .	0·378	1882: 0·498
Spanien	**142·5**	. .	. .	. .	**0·570**	**0·847**	**0·800**	. .	. .	**0·953**	. .		
Italien	. .	. .	. .	. .	**0·318**	. .	. .	**0·163**	**0·214**	**0·223**	. .		.
Neu-Schottland	**386·2**	. .	. .	. .	**1·032**	**1·033**	**1·124**	. .	. .	. .	**1·352**		
Australien	**643·4**	1829: 780 metr. Tonnen	. .	768.676 metr. T.	**0·963**	**1·571**	**1·775**	. .	. .	**2·749**	. .	.	
Indien	**51·9**	. .	1868: 0·533	. .	**0·500**	**4·000**	**4·000**	. .	. .	**1·201**	. .	.	
Japan	**129·5**	. .	. .	. .	. .	**0·850**	**0·800**	. .	. .	**0·900**			.
Andere Länder . . .	. .	. .	. .	. .	**1·000**	Vancouver: 0·282	**0·325**	Italien: 0·220 Schweden: 0·250 And. Länder: 8·000	. .	Italien: 0·220 Schweden: 0·250 Neu-Seeland: 0·480 And. Länd.: 10·000	Britisch-Columb. 0·400	Schweden: 0·340	0·425

Gesammtproduction: Im Jahre 1873 ca **273·000**, 1883 ca. **406·000**, 1884 ca. **405·000** = ca. 0·311 *km*³, ohne Rücksicht auf Materialverlust und unter Annahme einer mittleren Dichte von 1·3.

[1]) Hauptsächlich nach „Mineral Resources of the United States", Washington 1886 und Statistical Abstract, London 1886. [2]) Stein- und Braunkohle 1885 (58:15). [3]) Stein- und Braunkohle 1885 (7·3:10·5).

holung mit sicher marinen Ablagerungen karbonen Alters wechsellagernd, eine Flora umschließen, die mehrfach auffallend jünger erscheinende Charaktere umschließt, worunter vor allem die häufig sich findenden großen, zungenförmigen Farnblätter mit netzaderigen Nerven zu nennen sind, welche als *Glossopteris* bezeichnet werden (Taf. II, Fig. 54) und später auch in Indien und Südafrika, nicht aber in Europa bekannt geworden sind.

Die *Lepidodendren* führenden Liegendschichten dürften unserem Kulmhorizonte entsprechen und tragen noch den im allgemeinen übereinstimmenden Charakter der unteren Steinkohlenformation an sich; die *Glossopteris*-Schichten jedoch tragen für die Steinkohlenformation so auffallende Züge zur Schau, dass die Angaben Clarke's nicht sofort Anerkennung finden konnten. Heute aber müssen sie wohl nach vielfachen Bestätigungen als feststehend betrachtet werden.

Wir sehen somit in den Schichten der Steinkohlenperiode in Neu-Südwales eine neue Flora sich entwickeln, in welcher neben Annularien, Blätter von Cycadeen, *(Noeggerathiopsis)*, Schachtelhalme *(Phyllotheca* und *Vertebraria)* und verschiedene Arten von *Glossopteris* auftreten. Diese Gattungen finden sich auch in den noch höheren, jetzt gleichfalls als jungpaläozoisch bezeichneten oberen kohlenführenden Schichten, den „Newcastle beds". Wie auffallend diese Pflanzenformen sind, geht daraus hervor, dass die betreffenden Schichten von namhaften Forschern (Mc. Coy und R. Etheridge) für mesozoisch (für Trias oder Jura) gehalten worden

sind. *Glossopteris* findet sich auch in Queensland und hält in Australien an bis in sicher mesozoische Ablagerungen.

In Indien tritt *Glossopteris* in den ältesten Gesteinsschichten mit Versteinerungen der unteren Glieder des Gondwana-Schichtensystems auf, welche man als die Talchir- und Damudaschichten bezeichnet hat. Die ersteren und unteren bestehen aus Thonen, Sandsteinen mit ganz merkwürdigen Einschlüssen von gerundeten, oft gewaltig großen Blöcken und Geröllen, die hin und wieder mit eigenthümlichen Ritzen und Schrammen versehen sind, so dass man allen Ernstes an Erscheinungsformen erinnert wird, wie wir sie an Gletschergeschieben kennen. Die Damudaschichten sind das eigentliche kohlenführende Glied des Gondwanasystems und werden von den einen (Blanford) als der oberen Steinkohlenformation, von anderen (Ottokar Feistmantel) als der Trias zugehörig betrachtet. Neben *Glossopteris* finden sich viele Coniferen (Voltzien). *Glossopteris* wird in Indien auch aus Schichten angeführt, die dem Lias entsprechen sollen, ja selbst noch aus solchen, die ihrer Flora nach zur mittleren Juraperiode gerechnet werden müssten. Die *Glossopteris* führenden Schichten finden sich auch in Südafrika und gehören dort zu der so mächtig entwickelten Karooformation, und zwar zur oberen Abtheilung derselben, welche in nicht übereinstimmender (discordanter) Lagerung über typischen Steinkohlenbildungen auftreten, die ähnlich so, wie wir es in Neu-Südwales gesehen

haben, die gewöhnlichen Steinkohlenpflanzen (Lepidodendren und Sigilliaren) umschließen.

Ob nun die eine oder die andere Ansicht die richtige ist, ob die Damudaschichten und die Karoosandsteine mit *Glossopteris*, mit den Newcastleschichten von Neu-Südwales dem Alter nach übereinstimmen und als Oberkarbon zu betrachten seien, oder ob sie thatsächlich der Trias entsprechen: für uns handelt es sich um die Thatsache des Vorkommens neuer Florenelemente in diesen Bildungen, Elemente, welche ein Vorauseilen dieser Gebiete in floristischer Beziehung gegenüber den europäisch-amerikanischen gleichzeitigen Bildungen bedeuten. Während die Thierbevölkerung des Meeres ganz und gar die Charakterzüge des jungpaläozoischen Zeitabschnittes an sich trägt, weist die Pflanzenwelt des Festlandes Formen auf, wie wir sie in Europa erst in der Trias und selbst noch im Jura begegnen. Während in Europa typische Steinkohlenpflanzen noch fort und fort, und zwar in üppigster Entwicklung ausdauern, um erst während des permischen Zeitalters eine durchgreifende Umprägung zu erfahren,[1]) hat sich ein ähnlicher Umwandlungsprocess in Australien und vielleicht auch in Indien und Südafrika schon während der Steinkohlenformation selbst vollzogen.

---

[1]) Man vergleiche die interessante Schrift von Prof. E. Weiß: „Über die Entwicklung der fossilen Floren in den geologischen Perioden“, Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellsch. 1877, S. 252—258.

Auf diese Weise wäre der Nachweis erbracht, dass auch während der Steinkohlenperiode die Gleichförmigkeit der physikalischen Verhältnisse höchstens im ersten Stadium (Kulmepoche) auch auf der Südhemisphäre bestand, während im späteren Zeitabschnitte sich ein überaus auffallender Gegensatz zwischen den Verhältnissen auf dem größeren Theile der Nordhemisphäre und jenem des weiten Raumes zwischen Neu-Südwales, dem südlichen Afrika und Indien herausbildete.

Außer dieser einen Erwägung hat man auch die vorhin erwähnten geschrammten und gekritzten Blöcke und Geschiebe in der Talchirstufe einer eingehenden Betrachtung unterzogen. Ganz ähnliche solche blockführende Schichten hat man nämlich auch in den unteren *Glossopteris*-Schichten von Neu-Südwales, in der Saltrange am oberen Indus in Nordwestindien, und auch in den unmittelbar über den Karbonbildungen mit Lepidodendren und Sigillarien in Südafrika (in den sogenannten Eccaschichten) aufgefunden. Es sind allenthalben Blöcke, die auf einen Transport von weither hinzudeuten scheinen.

Heute kennen wir ähnliche solche gescheuerte Steinfremdlinge nur in Ablagerungen, deren Material von Gletschereis beeinflusst war, und man schloss daraus, dass auch zur Erklärung der Talchir- und der damit verwandten Geschiebe Transport und Scheuerung durch Eiswirkung herbeigezogen werden müssten.[1]) Diese

---

[1]) Der Nachweis, dass die Talchirstufe dem Karbon zuzurechnen sei, ist erst in neuester Zeit durch W. Waagen

Annahme führte dann weiter zu der nothwendigen Voraussetzung eines großen zusammenhängenden Festlandes, welches den ganzen Raum des indischen Oceans eingenommen haben müsste, um die Gebiete der *Glossopteris*-Flora in Verbindung zu bringen, eine Festlandsmasse somit, welche den Umfang des zur Erklärung der heutigen geographischen Verbreitung der Halbaffen (Lemuriden) von Sclater angenommenen hypothetischen Continentes Lemuria an Fläche weit übertroffen haben müsste, ein Festland, welches in jener frühen Zeit auch Australien mit umschlossen haben muss und in einem kleineren Umfange bis in die Tertiärzeit bestanden haben mag.

Auf diesem älteren Festlande wurden nun physikalische Verhältnisse als herrschend angenommen, die wesentlich andere gewesen sein sollen als in den nördlichen Karbongebieten. Für Indien müsste ein rauheres Klima angenommen werden, als es gleichzeitig in der Gegend von Spitzbergen herrschte, ja man hat, um den schier unüberwindlich scheinenden Schwierigkeiten, die sich einer Erklärung jener Umstände entgegenstellten, zu begegnen, sogar die weitestgehenden Veränderungen in den großen mechanischen Vorgängen der Erdbewegung vorausgesetzt, indem man sich die Erdachse und ihre Pole in total veränderter Lage, den Südpol etwa in die

---

erbracht worden, indem er in ihrem Hangenden marine paläozoische Fossilien aufgefunden hat. Bis dahin waren sie für cretacisch gehalten worden(!).

Mitte des heutigen indischen Oceans verlegt dachte und den Nordpol nach Mexico,[1]) ohne damit übrigens etwas Besonderes zu erreichen. Oder sollte die gewaltige Festlandsmasse allein schon durch ihre Existenz das Regime so sehr verändert haben gegenüber den vielleicht inselreichen nördlichen Gebieten? Waagen[2]) denkt dabei wohl nicht an große vollkommen vergletscherte Gebiete, wie sie in den Polarregionen sich finden, sondern meint, dass die betreffenden Massen aus Hochgebirgen durch Flüsse herausgebracht worden seien, welche Eisschollen und Grundeis verfrachten konnten. Sie ersehen aus den gemachten Angaben, dass die Annahme einer Eiszeit während der Steinkohlenperiode im Bereiche des *Glossopteris*-Festlandes recht große Schwierigkeiten bereitet, da alle Versuche, die Verhältnisse nach unseren heutigen zu erklären, scheitern; oder sollte es doch an der Annahme liegen? Auf jeden Fall liegt in der Anerkennung der nun schon vor einem Menschenalter zuerst bekannt gemachten Thatsachen der so abweichenden karbonen *Glossopteris*-Flora, und des Voraneilens der Flora gegenüber der Thierbevölkerung der Meere ein großer Fortschritt unserer Erkenntnis.

R. Zeiller hat *Glossopteris*, und zwar dieselbe Art, welche aus Queensland bekannt geworden ist (*Glossopteris Browniana* Brongn.), auch in der kohleführenden

---

[1]) Vergl. Neumayr, Erdgeschichte 1887, II, S. 197.

[2]) Records of the geological Survey of India 1886, IX, p. 22.

Schichte von Tongking nachgewiesen,[1]) neben triadisch-liassischen Formen. Das Vorkommen von *Glossopteris* und anderer indisch-australischer Arten neben solchen, die auch in dem europäischen Rhät vorkommen, würde darauf hindeuten, dass sich in Südostasien die beiden großen floristischen Reiche vereinigen.

Die große Gleichförmigkeit der, wie wir bald sehen werden, überaus üppigen, aber ebenso eintönigen Flora hat man auf ein übereinstimmend, über überaus weite Räume herrschendes warmes Klima, das nach Unger durch eine mittlere Jahrestemperatur von 20—25° ausgezeichnet gewesen sein soll, und auf einen, mit den heute herrschenden Verhältnissen verglichen, überraschend großen kohlensauren Gehalt der Atmosphäre zurückführen wollen.

In Bezug auf die physischen Verhältnisse, und zwar vorzugsweise auf die Zusammensetzung der Atmosphäre während der Steinkohlenformation, kann ich mich auf einen von Prof. Dr. J. Boehm in unserem Vereine gehaltenen Vortrag beziehen,[2]) worin derselbe der vielfach ausgesprochenen Meinung, es müsse die Atmosphäre damals durch einen viel größeren Reichthum an Kohlensäure ausgezeichnet gewesen sein, auf das bestimmteste entgegentritt. Er weist nämlich auf den Umstand hin, dass die heutigen Pflanzen sich nur „in gewöhnlicher

---

[1]) Annales des Mines 1882, S. 313, Taf. XI, Fig. 1.

[2]) Schriften des Vereines zur Verbreitung naturw. Kenntn. Bd. XXIII, S. 1—16 (1883).

Luft“ normal entwickeln, und dass sich wohl manche Formen in künstlich kohlensäurereicher gemachter Atmosphäre „bis zu einem gewissen Grade üppiger entwickeln“, wogegen andere schon in einer Atmosphäre, welche nur 2 % Kohlensäure enthält, kränkeln. Bei besonders großem Reichthum an Kohlensäure, wenn dieselbe gegen 30 % ausmacht, „ist ein vegetabilisches Wachsthum überhaupt nicht mehr möglich“. Mit Kohlensäure überfütterte Pflanzen überwuchern in ihren vegetativen Organen, „es kommt jedoch weder zur Blüten- noch zur Fruchtbildung und die Pflanzen gehen vorzeitig zugrunde“. Boehm spricht seine Überzeugung dahin aus, dass „die zweifellos außerordentliche Üppigkeit der urzeitlichen Vegetation durch einen größeren Kohlensäuregehalt der Atmosphäre nicht bedingt sein konnte“. Geradeso wie in der Gegenwart die Üppigkeit der Vegetation nicht von dem größeren oder geringeren Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure, sondern wesentlich von den Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen abhängt, so dürfen wir dies auch für die Vegetation während des Steinkohlenzeitalters annehmen.

Unsere gegenwärtige Pflanzenwelt verbraucht übrigens alljährlich gewaltige Mengen von Kohlensäure zu ihrem Aufbaue.

Der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure beträgt nach Director Hann[1]) ungefähr 3 Volumtheile in

---

[1]) Allgemeine Erdkunde 1886, S. 87.

10.000 Volumtheilen, das ist etwa $^1/_{33}$ %. Boehm findet unter der Annahme, dass die bei ihm auf zehn Kubikmeilen geschätzte Kohlenmenge bei ihrem plötzlichen Verbrennen eine Verdoppelung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre ergeben würde. Der gesammte Kohlenstoff ist durch den Vegetationsprocess der Pflanzen aus der Luft genommen worden, das steht gewiss fest, und unsere heutigen Vegetationen entnehmen der Atmosphäre fort und fort weitere Kohlensäuremengen und binden den Kohlenstoff in der Form von organischen Verbindungen, und es steht ebenso fest, dass es übel um die Kohlensäure der Atmosphäre bestellt wäre, wenn diese ohne Ersatz zu finden fort und fort gebunden würde: in absehbarer Zeit, Boehm meint, in nicht viel über hundert Jahren, wäre sie aufgebraucht! Solcher Ersatz für die gebundene, d. h. dem Kreislauf des Kohlenstoffes für eine gewisse Zeitdauer entzogene Kohlensäure findet nun aber thatsächlich ununterbrochen statt, es entströmt ja der Erde an unzählbaren Stellen fort und fort direct Kohlensäure, deckt den Verbrauch und erhält das Gleichgewicht. Wir brauchen daher die Annahme, die Atmosphäre müsse einst doppelt so reich an Kohlensäure gewesen sein als heute,[1]) um den gebundenen Kohlenstoff in der Form von Kohle zu

---

[1]) H. D. Rogers hat (1845 Sillimar Journ., S. 105) die Kohle des Erdinnern auf fünf Billionen Tonnen geschätzt und daraus berechnet, die Atmosphäre müsse einst sechsmal soviel Kohlensäure enthalten haben als heute.

erklären, durchaus nicht, ebensowenig als wir anzunehmen brauchen, es müsse eine Zeit gegeben haben, in welcher die ganze Kohlensäure, die wir heute in den gewaltigen, auf der ganzen Erde auftretenden Kalkgebirgen an Kalk und Magnesia gebunden finden, in der Atmosphäre gewesen sei. Man hat ausgerechnet, dass die Kohlensäure, im Falle sie in ihrer ganzen jetzt gebundenen Masse frei gewesen wäre, 30 Volumprocent der Atmosphäre ausgemacht haben müsste, oder dass dieselbe für sich allein einen Atmosphärendruck von 2000 *mm* Quecksilber bedingt hätte, gegenüber dem heutigen von etwa 760 *mm* am Spiegel des Meeres. Eine Existenz organischer Wesen, in irgend einer Weise mit den gegenwärtig lebenden analog gebaut, könnte unter solchen Umständen nicht gedacht werden. Diese Annahme ist übrigens ganz und gar, nicht nur nicht nöthig, sondern auch nicht zulässig. Auch heute bilden sich unausgesetzt Kalke, wird also unablässig Kohlensäure an Kalk gebunden zur Ablagerung gebracht, und zwar beispielsweise in den Tiefseeregionen in geradezu ungeheuren Massen, in der Form des der Kreide so ähnlichen Kalkschlammes; aber auch die Korallriffe geben ein Beispiel. Geradeso müssen wir uns auch die meisten der Kalkgebirge aus Tiefenschlamm oder Strand-Seichtwasserriffabsätzen in sehr allmählichem Verlaufe entstanden denken und können auf das hin annehmen, dass der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure im Laufe der geologischen Zeiträume durchaus kein anderer geworden zu sein braucht.

Ganz ähnlich so verhält es sich mit den Annahmen eines auffallend von den heutigen verschiedenen und gleichmäßig der ganzen weiten Erde zukommenden Klimas. Trübes Dämmerlicht soll auch bei Tage geherrscht haben infolge der atmosphärischen Dünste und drückende Schwüle, jahraus, jahrein, von Pol zu Pol: heißer Himmel und heiße dampfende Erdoberfläche!

Mit nichten, wir richten es auch mit einfacheren Annahmen, und sobald dies möglich, müssen die phantastischen Vorstellungen fallen. Jawohl, es mögen die Gegensätze zwischen kalt und heiß ausgeglichen gewesen sein, wenigstens auf weiter Erstreckung auf der Erde, etwa so, wie wir dies heute überall dort antreffen, wo die Nähe des Meeres die Gegensätze mildert. Denken wir an den klimatischen Unterschied etwa zwischen Dublin ($53^0\,21'$ nördliche Breite) und Wien ($48^0\,13'$): dort trotz nördlicherer Lage eine mittlere Jahrestemperatur von $10{\cdot}1^0$ C, hier nur $9{\cdot}7^0$ C, dort eine mittlere Jännertemperatur von $5{\cdot}1^0$ C, hier — $1{\cdot}7$, und eine mittlere Julitemperatur von $15{\cdot}8^0$ C, hier aber $20{\cdot}5$; dort gedeihen Pflanzen, die wir bei uns nur in Gewächshäusern mühsam fortbringen, im Freien. Adoptieren wir die schon von Göppert als wahrscheinlich angenommene Vorstellung, denken wir uns die gewaltigen Festlandsmassen der Continente der nördlichen Halbinsel in Archipele aufgelöst und wir erhalten ein gleichmäßigeres und wärmeres Klima und damit ganz veränderte Vegetationsperioden und eine üppigere Vegetation.

5.

Die **Flora der Steinkohlenperiode** war nach allem, was wir darüber wissen, eine überaus üppige, aber ebenso eintönige. Wenige Gattungen und verhältnismäßig nicht zu viele Arten, aber eine Unmenge von Individuen, dies macht den Charakter der Steinkohlenflora aus; wir müssen, wenn wir ähnliches uns vorstellen wollen, etwa an unsere heutigen Röhrichte, an Schachtelhalmdickichte oder an die Bambushaine denken. (Nach A. de Brongniart's Zählung (1850) durfte man etwa 800 Arten im ganzen annehmen.)

Die typischen Hauptfamilien der Steinkohlenzeit sind: die Farne, die Lycopoditeen, Lepidodendreen, Sigillarien, Stigmarien, Calamarien und die Cordaiten.

Groß ist die Zahl der neueren Forscher, die sich das Studium der Flora der Steinkohlenformation zur Lebensaufgabe gemacht haben. Bei den nachfolgenden Auseinandersetzungen sind folgende Werke benützt worden:

1. A. de Brongniart: Histoire des végétaux fossiles, Paris 1828.

2. C. Grand'Eury: Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France, 1877.

3. Bernard Renault: Cours de Botanique fossile, 4 Bde., 1881—1885.

4. W. Ph. Schimper und A. Schenk in Zittels Handbuch der Paläontologie, II. Bd. (Phytopaläontologie), München 1879—1884.

5. W. Ph. Schimper: Paléontologie végétale, 1869—1874.

6. Solms-Laubach: Einleitung in die Paläophytologie, Leipzig 1887.

7. D. Stur: Die Kulmflora. Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt, VIII. Bd., 1877.

8. D. Stur: Die Karbonflora der Schatzlarer Schichten: 1. Farne, Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt, XI. Bd., I. Abth.; 2. die Calamarien der Karbonflora der Schatzlarer Schichten, II. Abth., 1887.

9. Ch. E. Weiß: Beiträge zur fossilen Flora. Steinkohlencalamarien. Abhandl. zur geol. Specialkarte von Preußen etc., II 1 und V 2.

10. W. C. Williamson: On the Organisation of the fossil plants of the coal measures. Zwölf Abhandlungen in den Philosoph. Transact., 1871—1883.

11. R. Zeiler: Végétaux fossiles du terrain houiller de la France. IV. Bd. der Explication zur geol. Karte von Frankreich, 1880.

Wir wollen eine kurze Überschau über die wichtigsten der genannten Erscheinungsformen halten und mit einer gedrängten Darstellung über

1. Die Farne der Steinkohlenformation beginnen (vergl. Taf. I und II). Dabei wollen wir nur die allgemeinen Verhältnisse erörtern und speciellere Darlegungen in den beigegebenen Tafeln und Tafelerklärungen bringen.

Die Farne erreichen das Maximum ihrer Entwicklung, nachdem sie im Devon aufgetreten, in der productiven Steinkohle, um in späteren Zeitabschnitten bis zur Gegenwart immer mehr abzunehmen. Während wir heute in ganz Europa etwa 60 verschiedene Arten kennen, sind uns im europäischen Steinkohlengebirge. also auf viel engerem Raume, schon bei 250 Arten bekannt geworden. (Stur gibt in seiner ersten Arbeit über die Farne 225 Arten an.)

Die Farne der Steinkohlenformation finden sich, wie auch die übrigen Pflanzenreste derselben, hauptsächlich in den die Flötze begleitenden Schieferthonen, und zwar zumeist in der Form von zarten kohligen Anflügen. Es finden sich aber häufig auch verkieste Reste, und von ganz besonderer Wichtigkeit wurden auch verkieselte und verkalkte Pflanzenkörper, weil dieser Erhaltungszustand in vielen Fällen genaueste Untersuchung durch Herstellung von Dünnschliffen für mikroskopische Betrachtung erlaubte. Wir finden sowohl ganze, oft gewaltig große Blätter, als auch Fragmente davon. Von vielen Farnen findet man nur die zarten Fiederblätter für sich allein. Große Mannigfaltigkeit liegt schon in der Art der Theilung und Fiederung der Blattfläche, in der Verschiedenförmigkeit der Fiederblättchen und in der verschieden ausgebildeten Nervatur der Blättchen, Eigenschaften, die in vielen Fällen bei derselben Art so beständig sind, dass es A. de Brongniart möglich wurde, einen ersten Versuch der systematischen Gliederung

auf Grund jener Eigenschaften zur Durchführung zu bringen.

Fructificationen waren bis 1834 nur sieben bekannt. Göppert brachte die Zahl derselben zwar schon zwei Jahre später auf dreißig und betonte bereits damals, dass die von der Fructification ableitbaren Merkmale recht geeignet seien, „um die Gattungen Brongniart's bestimmter auf die Formen der Jetztzeit zurückführen zu können", doch blieb, um so mehr, als Göppert selbst sich aus der von ihm inaugurierten Richtung drängen ließ, bis in die neueste Zeit die Eintheilung und Unterscheidung auf Grund der Nervatur allein herrschend. Auf Grund dieses Eintheilungsprincipes wurden beispielsweise die großen Gattungen *Sphenopteris*, *Alethopteris*, *Pecopteris*, *Dictyopteris*, *Odontopteris*, *Cyclopteris*, *Neuropteris* aufgestellt. Stur hat dargethan, wie wenig zuverlässlich die Nervatur übrigens ist; er zeigte z. B., dass die als für *Sphenopteris* bezeichnend angenommene Nervatur in 12 verschiedenen Gattungen (drei verschiedenen Familien angehörig), jene von *Neuropteris* sogar in 14 Gattungen (und fünf Familien) auftritt, so dass also die Nervatur allein als Unterscheidungs- und Eintheilungsprincip nicht zu vollkommen sicheren Schlüssen führen könne, was aber wohl der Fall sei, wenn die aus den Fructificationen herleitbaren Unterscheidungen mitbenützt werden.

Stur hat schon in seiner der großen Arbeit über die Farne der Schatzlarer Schichten vorangehenden Publication: „Zur Morphologie und Systematik der

Kulm- und Karbonfarne“ [1]) dargethan, dass nur die Familien der Ophioglosseen mit rispenförmigen Fruchtständen, der Marattiaceen mit Sporangien ohne Ringzellen und der Polypodiaceen oder Ringfarne (deren aus einer Zellenschichte gebildeten Sporangien eine Längsreihe von wulstigen Zellen, den Ring, besitzen, durch dessen Austrocknung das Aufspringen der kapselförmigen Sporangien erfolgt) in der Kulm-Karbonzeit vorhanden waren und dass die heutigen Farnfamilien der Gleicheniaceen, Osmundaceen und Schizaeaceen nachkarbonischer Entstehung seien.

Er kennt von Ophioglosseen 2 Gattungen (*Rhacopteris* und *Noeggerathia*) mit 19 Arten, von den Marattiaceen 15 Gattungen mit 98 Arten, von den Polypodiaceen 4 Gattungen (*Thyrsopteris, Calymotheca, Sorotheca* und *Diplothmema*) mit 108 Arten. Die ersteren sind in der heutigen Flora mit 3 Gattungen und 17 Arten, die Marattiaceen mit nur 4 Gattungen und 23 Arten, die Polypodiaceen dagegen mit 58 Gattungen und 2700 Arten vertreten, woraus sich ergibt, dass die letzteren beiden Familien im Laufe der Zeit ihre Rolle gewechselt haben, wenngleich von den Polypodiaceen im Karbon Arten bekannt wurden, die in Bezug auf ihre Entwicklung jenen der Gegenwart gegenüber nichts zu wünschen übrig lassen. Die Blätter

---

[1]) Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissensch. 1883, LXXXVIII. Bd.

gewisser *Calymotheca*-Arten erreichen eine Länge von 2—3 und eine Breite bis zu 1 *m*.

Auf nähere Einzelheiten wird in den Tafel- und Figurenerklärungen eingegangen werden, hier seien nur noch einige wenige Bemerkungen gemacht.

Rhacopteris, von dem nur ein Exemplar mit Fructification bekannt ist, wird von Stur mit dem bekannten *Botrychium lunaria* Sow. (der Mondraute) der Gegenwart in Vergleich gebracht, desgleichen auch *Noeggerathia*, welche vielfach an die Coniferen und Lycopodiaceen einerseits, an die Cycadeen andererseits angeschlossen wurden. Die Ausbildung der Fruchtstände unterscheiden sie von ersteren, das Auftreten der Sporangien an der Innenseite der fruchttragenden Blattabschnitte von den letzteren.

2. Die Schuppenbäume, Lepidodendreen (man vergleiche Taf. III) gehören in die Classe der Lycopodiaceen oder bärlappartigen Gewächse, unter welchen sie sich den zweierlei Sporen, große und kleine, Makro- und Mikrosporen tragenden Selaginellen mehr nähern, als den nur kleine tetraëdrische Sporen besitzenden Lycopodieen. Die *Lycopodites*-Arten aus der Steinkohle von Saarbrücken, mit gedrängt zweizeilig stehenden, schuppenförmigen Blättern, werden übrigens zu den Selaginellen gestellt. Man vergleiche *Lycopodium macrophyllum* Goldenberg (Taf. III, Fig. 4).

Der Charakter der Schuppenbäume selbst wird sich am besten zur Darstellung bringen lassen, wenn wir der Schilderung des Gesammtbildes folgen, wie sie

D. Stur von *Lepidodendron Veltheimianum* Sternberg gegeben hat (Kulmflora, S. 281 [387]). Eine Durchsicht der auf Tafel III gegebenen Abbildungen und der dazu gesetzten kurzen Erklärungen wird eine, wenn auch nur unvollkommene Vorstellung von der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen geben.

Die Stämme von *Lepidodendron Veltheimianum* Sternberg erreichen einen Umfang von mehr als einem Meter und die Höhe baumartiger Gewächse (Fig. 1, 2). Sie verzweigen sich dichotomisch bis zu den äußersten, nur mehr die Dicke eines Federkieles erreichenden Ästen. Sie sind mit auf der äußeren Oberfläche der Rinde regelmäßig aufgewachsenen, abfälligen Blattpolstern besetzt (Divergenz $^{89}_{233}$), welche in der Jugend mit S-förmig geschwungenen Linien umgeben sind und in diesem Zustande keine Narben, Gruben und Gefässdrüsen erkennen lassen. Die charakteristische Form der Blattpolster bildet sich erst später nach Abfall der Blätter heraus (Fig. 16), dann zeigen sie den rhombischen Umriss, die querrhombische Blattnarbe mit drei Gefäßnarben, die diesen zunächststehende „*Ligula*-grube“ und die „Sporangien“-Ansatznarbe, weiters eine Mittellinie zwischen den beiden „Wangen“ der unteren Hälfte mit zwei fraglichen Malen. Gewisse Stellen der Stämme zeigen kleine Blattpolster *(Lepidophloios)*, zwischen welchen in Reihen übereinander stehende, große, ovale, erhabene oder vertiefte Narben auftreten („Bulbillennarben“, man vergleiche Fig. 7). „Bulbillen“ sind Brutknospen, die zur Vermehrung dienen. Die

betreffenden Gebilde selbst sind aber nach Stur noch nicht bekannt.

Die Blätter sind 12—17 *mm* lang und bis 2 und 3 *mm* breit, an sehr dünnen Ästen kleiner, an dickeren aber oft viel größer und schwertförmig. An den Zweigenden mit *Lepidodendron*-Blattpolstern stehen die zapfenförmigen Lepidostroben, die im Jugendstadium später abfallende Blätter tragen. Das Sporangium dieser Art ist unbekannt.

Die Mannigfaltigkeit in der Erscheinung der Narben bei den verschiedenen Arten ist auch, und zwar zum großen Theile durch die verschiedenen Erhaltungszustände bedingt; aber auch das verschiedene Alter (am Stamme, auf älteren oder jüngeren Zweigen) bedingt recht verschiedene Formentypen an einer und derselben Pflanze, wie schon ein Blick auf den großen Stamm von *Lepidodendron dichotomum* Sternberg (Fig. 6) ergibt. Eine große Zahl von Fundobjecten, die früher als verschiedene Gattungen aufgefasst und beschrieben wurden, kennt man nun als verschiedene Theile derselben Pflanze. So haben Stur und andere nachzuweisen sich bemüht, dass die von Sternberg als *Ulodendron* bezeichneten Stammstücke mit tiefen schüsselförmigen Narben als Stücke von *Lepidodendron Veltheimianum* Sternberg zu betrachten seien, und zwar von Ästen stammend, die durch das Vorkommen jener großen Narben ausgezeichnet sind, die von Stur mit den Bulbillen oder Brutknospen in Verbindung gebracht wurden, die z. B. bei der Vermehrung der Lycopodiaceen

die Hauptrolle spielen, während sie Solms-Laubach (Paläophytologie 1887, S. 214) für die Ansatzpunkte der Fruchtzapfen halten möchte. Die Structur der Stämme und Zweige der Schuppenbäume kennen wir aus verkalkten (England) und verkieselten (Autun) Resten recht gut, so dass man darauf hin mehrere Gruppen zu unterscheiden gesucht hat. Bei einem dieser Reste (*Lepidodendron Rhodumnense* Renault von Combres [Loire]) fand man einen centralen Bündelstrang mit Treppengefäßen, umgeben von einer dünnen, aus langgestreckten parenchymatischen Zellen bestehenden (Bast-?) Schichte. Die Rinde lässt drei Schichten unterscheiden, deren derber äußerster die Blattpolster angehören. Die Blattspuren lassen sich bis an den centralen Holzkörper verfolgen.

Eine zweite Form (*Lepidodendron Jutieri* Renault) zeigt mehrere Holzcylinder, die im Kreise um einen centralen Markkörper stehen. Die mächtige Rinde besteht aus gleichförmigem dünnwandigen (parenchymatischen) Zellgewebe.

Der Stamm von *Lepidodendron selaginoides* Williamson (Fig. 5 nach Solms-Laubach) zeigt einen im Vergleich zu der übermächtigen Rindendicke schwachen Holzcylinder, der aus Treppengefäßen und Parenchymzellen besteht. Compliciert wird der Bau durch die Herausbildung eines secundären Holzkörpers mit Markstrahlen. Der Bast ist wenig entwickelt. Die Anatomie der Stämme zeigt mehrfache Anklänge an den Bau der Coniferen, was Renault bewogen hat,

Lepidodendron und *Sigillaria* mit den Gymnospermen zu vereinigen.

3. Die Siegelbäume oder Sigillarien (vgl. Taf. IV) schließen sich in vielen Merkmalen auf das innigste an die Lepidodendreen an und lassen sich mit einiger Sicherheit eigentlich nur auf Grund der Beschaffenheit der Rindenoberfläche unterscheiden, und auch in dieser Beziehung haben wir schon (Taf. IV, Fig. 8 und 11) gesehen, dass die Unterscheidung nicht immer leicht ist.

Die Sigillarien, die ihren Namen den Siegelabdrücken ähnlichen Blattnarben verdanken, sind baumförmig wie die Schuppenbäume, zeigen wie diese Dichotomie der Achse, scheinen jedoch weniger ästig zu sein als diese, ja es ist sicher, dass es auch einfache, unverzweigte Formen gegeben hat. Die Äste waren mit langen, linealischen, durch Mittelnerven gekielten Blättern besetzt. Im Saarbecken wurde gelegentlich eines Tunnelbaues (Friedrichsthaler Tunnel) ein förmlicher Wald von unverzweigten Sigillarien aufgeschlossen, mit Stämmen bis gegen 1 *m* im Durchmesser und bis zu 6 *m* Höhe, die mit den Wurzeln zusammen in aufrechter Stellung gefunden wurden.

Die Oberfläche des Stammes zeigt breite, flachgewölbte und durch scharfe Furchen getrennte Rippen, die der Länge des Stammes nach verlaufen und auf der Wölbung die Blattnarben tragen. Diese stehen in den benachbarten Rippen im allgemeinen regelmäßig abwechselnd übereinander und in größerer Ent-

fernung von einander, so dass sie rundliche Umrisse zeigen. Diese Ausbildungsform hat man den *Rhytidolepis*-Typus genannt (Fig. 10).

Sobald die Blattpolster gedrängt stehen und sich berühren, nehmen sie scharf polygonale Umrisse an (Fig. 11): *Favularia*-Typus. Dies kann soweit gehen, dass die Rippung ganz zurücktritt (*Clathraria* = cancellate Sigillarien, Fig. 12) und die zwischen einander sich schiebenden Blattnarben rhomboidale Form annehmen, ähnlich jener der Lepidodendreen, nur dass die Blattnarben fast die Größe der ganzen Polster erreichen.

Noch anders ist es bei *Sigillaria spinulosa* Brongn., bei welcher die Blattnarben wohl ziemlich weit von einander abstehen, die Blattpolster aber vollkommen fehlen (Fig. 13).

Auf diese Weise ergeben sich, schon nach den Oberflächenabdrücken, recht verschiedene Erscheinungsformen. Unter der Kohlenschichte kommt man auf den Steinkern, der den ganz anders gestalteten Abdruck der inneren Fläche der Kohlenschichte aufweist. Längsleisten (zuweilen) und Gefäßbündelspuren (3 Höcker) in der Regel werden sichtbar, ähnlich wie bei Lepidodendreen in demselben Falle. Wieder anders erscheint die Innenseite der Kohlenrinde. Hebt sich nur die äußere Rinde ab, so erhält man abermals andere Anblicke auf der nun entblößten Außenseite der Innenrinde, oder an der Innenseite der Außenrinde u. s. w. Beispiele dafür bringt Fig. 9 zur Anschauung. Eine einzelne Blatt-

narbe lässt ähnlich so wie bei Lepidodendreen drei Male erkennen, welche dieselbe Bedeutung haben wie bei diesen, am Steinkern aber sieht man zwei solche Male. Auch außerhalb der Blattnarbe treten wieder in Analogie mit Lepidodendreen Grübchen oder Höckerchen auf.

Eine Vorstellung von der überaus großen Verschiedenartigkeit dieser Bildungen mag die Angabe aus der neuesten Prof. E. Weiß'schen Publication über die Sigillarien der preußischen Steinkohlengebiete geben,[1]) der nur von dem Favularientypus allein etwa 125 verschiedene Formen zur Abbildung gebracht hat, die auf 41 verschiedene Arten bezogen werden, die aber auf das wundersamste durch Übergänge mit einander verbunden sind, so dass der verdienstvolle Autor zu dem Ausspruche gelangt, man könnte infolge dieser verbindenden Übergänge „zu dem Schlusse kommen, dass alle Sigillarien nur eine einzige Art darstellen, freilich mit einem unglaublichen Reichthum der verschiedenartigsten Formenentwicklung". Außer den Blattnarben finden sich zuweilen noch andere dazwischen geschobene Narben (Fig. 14), welche von Schimper als Ansatzstellen von Fruchtzapfen angesehen wurden.

Der Stamm von *Sigillaria spinulosa* (von Autun) lässt centrales Parenchym mit einzelnen Gefäßbündeln

---

[1]) Abhandl. zur geolog. Karte von Preußen etc., VII, S. 3, 1887.

erkennen, das von Gefäßbündeln rings umgeben ist, um welche sich dann eine mächtige Schichte „secundäres Holz“ mit Markstrahlen legt. Außen liegt eine Rinde, die wieder in eine selten erhaltene Innenrinde und eine von Renault als Kork bezeichnete Außenrinde unterschieden wurde. Sicher als zu *Sigillaria* gehörig erwiesene Fructificationen sind bis vor kurzem nicht bekannt geworden. Erst Zeiller hat (1884, Ann. des sciences natur., S. 256) im nördlichen Kohlenfelde Frankreichs Zapfen entdeckt, welche Sigillarienachsen besitzen *(Sigillariostroleus)*, auf welchen nur Makrosporen gefunden wurden. Auch diese Fructificationen zeugen für die nahe Verwandtschaft zwischen den Siegel- und Schuppenbäumen.

Die Stigmarien gehören zu den häufigsten Funden im Gebiete der Steinkohle. Es sind meist cylindrische Steinkerne, die nicht selten deutlich und wiederholt dichotomische Theilung zeigen und mehrfach in der Form von Abzweigungen von Stöcken angetroffen und direct als Wurzelstöcke von Sigillarien, zum Theil wohl auch von Lepidodendreen gedeutet werden. Die Oberfläche ist glatt, längsgestreift und mit flachen, in Spiralordnung stehenden kreisförmigen Narben bedeckt; in der Mitte liegt, innerhalb einer zweiten Kreislinie, ein Höckerchen, das Gefäßbündelmal. Mit diesen Narben stehen sehr häufig noch die walzlich keulenförmigen (meist plattgedrückten) Wurzeln in Verbindung. Die Stigmarien besitzen einen entweder einfachen oder doppelten Holzcylinder, der

ein von Gefäßbündeln durchzogenes, parenchymatisches Mark umgibt. Der Holzkörper ist in keilförmig nach außen sich verbreiternde Abschnitte zerlegt, zwischen welchen Markstrahlen verlaufen, durch die die Wurzelkeulenstränge, von der Innenseite des Holzes kommend, hinaustreten. Die Rinde ist nur selten erhalten. Sie besteht aus zwei Schichten, einer inneren sehr lockeren und einer äußeren, aus derbwandigen Parenchymzellen bestehenden. Diese Wurzelstümpfe erreichen oft ganz bedeutende Dimensionen. So bildet Solms (nach Williamson) einen Strunk ab, dessen unvollkommen erhaltene Wurzelenden fast 9 *m* (im Durchmesser) von einander abstehen.

4. Die Kalamiten (Taf. V und VI) gehören zu den wichtigsten Charakterpflanzen der Steinkohlenformation. Wenn sie auch schon im vorangehenden Devon bekannt wurden und auch im Perm recht häufig sind, worauf sie dann, rasch abnehmend, den verwandten Schachtelhalmen (Equiseten) Platz machen, so erreichen sie doch während der Steinkohlenperiode den Höhepunkt ihrer Entwicklung und treten in solcher Massenhaftigkeit auf, dass sie einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung der Steinkohle bilden. Dank den unermüdlichen rivalisierenden Studien der auch als Steinkohlenfloristen hochverdienten Ch. E. Weiß in Berlin und D. Stur in Wien, sowie des Engländers Williamson und vieler anderer, sind uns die Kalamiten schon recht genau bekannt. Ganz besonders hat D. Stur in seiner schon erwähnten großen, jüngst veröffentlichten

Arbeit über die „Calamarien der Karbonflora der Schatzlarer Schichten“ eine ausführliche Monographie gegeben, der wir bei unseren gedrängten Auseinandersetzungen auch hauptsächlich folgen wollen.

Der Stamm ist gegliedert, in Internodien abgetheilt, die durch Scheidewände (Diaphragmen) von einander getrennt werden (Taf. V, Fig. 6). Die Stämme besitzen ein Markrohr und einen verhältnismäßig sehr mächtigen Holzkörper, der besonders bei verkieselten Resten (Chemnitz in Sachsen [Taf. V, Fig. 3, 4]) oder bei den verkalkten (z. B. von Halifax in England) gut erhalten vorliegt, während er bei verkohlten Stücken wesentlich reduciert, oft als eine ganz dünne Kohlenschichte erscheint (nach Stur auf $^1/_{26}$ vermindert). Die Holzstärke ist nach Stur bei Kalamiten von gleichem Typus verschieden, und zwar so, dass die geologisch ältere Art einen dünnen, die jüngere einen viel mächtigeren Holzkörper besitzt. Der Holzring zeigt Holzkeile mit innen breiten, nach außen schmäleren Markstrahlen (Taf. V, Fig. 3, 4). Die Rinde findet sich nur selten mit dem Holzkörper zusammen erhalten. Die Innenseite des Holzkörpers erscheint gestreift (Steinkernoberfläche). Dabei entsprechen die breiten Streifen den Markstrahlen („Grundgewebe“), die scharfen Furchen aber den Gefäßbündeln. Die Streifen der aufeinanderfolgenden Internodien treffen entweder wie bei den heutigen Schachtelhalmen gerade aufeinander, wie z. B. bei *Archaeocalamites* (Taf. V, Fig. 7), oder sie stehen abwechselnd, in welchem Falle sie sich dann

an den Knoten (Scheidewandkreisen) im Zickzackverlauf mit einander verbinden.

An den Scheidewand- oder Knotenlinien finden sich dreierlei Kreise von Spuren (oder Knötchen): oberhalb entspringen die Blätter, unterhalb die Wurzeln und dazwischen stehen die großen, schüsselförmigen Narben der Äste (Taf. V, Fig. 1).

Die Wurzeln stellen cylindrische Körper dar. Die Blätter sind nicht so einfach, und nicht zu Scheiden verbunden wie bei den Schachtelhalmen.

Wir haben mehrerlei Blattformen zu unterscheiden, die, wie Stur nachgewiesen hat, an verschiedenen Stellen derselben Pflanzen auftreten können. Früher hat man die betreffenden, verschieden beblätterten Zweige als zu verschiedenen Arten, Gattungen, ja selbst Familien gehörig betrachtet.

Die einfachste Form bilden die linealen oder lanzettlichen, mit einem Mittelnerv versehenen, in vielblättrigen Quirlen auftretenden Asterophylliten- (Fig. 11) und Annularienblätter (Fig. 13, 14). Es treten aber auch sehr oft, einmal gabelig getheilte symmetrische Volkmannienblätter (Fig. 16, 17, 18), und solche mit mehrfach dichotomisch getheilten Blattnerven auf. Die letzteren sind entweder lineal entwickelt, mit oft sehr langen Zipfeln und zurücktretender Blattspreite (*Archaeocalamites*-Blätter, Fig. 10), oder die Blattspreite ist wohlentwickelt, keilförmig, vorne gezähnt oder mit Zipfeln versehen und symmetrisch ausgebildet (*Sphenophyllum*-Blätter, Fig. 19

bis 21). Nach der Form der Blätter unterscheidet Stur *Asterophyllites*-, Annularien-, Volkmannien- und *Sphenophyllum*-Zweige. Die beiden ersteren sind meist rund, die letzteren sehr oft kantig.

Die *Asterophyllites*- und Annularien-Äste (auch homomorphe Äste genannt, weil sie mit der Beschaffenheit der Stämme übereinstimmen) tragen an den Spitzen kleine Ähren, die Annularien- oder *Bruckmannia*-Ähren (Fig. 23, 24, 26), die *Sphenophyllum*-Äste (heteromorphe Äste genannt) tragen dagegen größere und umfangreichere Fruchtähren, die Stur als *Volkmannia*-Ähren (Fig. 22, 25) bezeichnet. Die ersteren enthalten nach Renault Mikrosporen, die letzteren Makrosporen. (Bei den verwandten Equiseten kommen nur die ersteren vor.) Nähere Details bringt die Tafel V.

5. Die Cordaiteen. Über diese einerseits durch den Bau ihrer Staubblüten an die Nadelhölzer und besonders an die breitblättrigen Formen der mit unserer Eibe *(Taxus baccata)* verwandten, in China und Japan einheimischen und in unseren Gartenanlagen nicht seltenen Salisburieen *(Gingko)* anschließenden, andererseits, was die Fruchtblüten anbelangt, aber an die Cycadeen erinnernden Pflanzenfamilie, sind wir besonders durch die Arbeiten Grand' Eury's und Renault's auf das beste unterrichtet. Es waren Bäume, die 20—30 *m* hoch wurden, mit einem dicken Markcylinder, die ihre Außenrinde abstießen *(Cordaifloios)* und deren Holz dem der Nadelhölzer gleicht. Die Blätter stehen gebüschelt an den Spitzen der Zweige

und sind bei verschiedenen Formen recht verschieden; sie werden 0·2—1 *m* lang und bis 2 *dm* breit, haben lederartiges Aussehen und sind von gleich starken parallelen Nerven durchzogen. Nach ihrer Form hat Grand' Eury drei Gruppen unterschieden: *Eucordaites* mit elliptisch-lanzettlichen oder spatelförmigen, an der Spitze abgerundeten Blättern, deren anatomischer Bau genau bekannt ist, *Dorycordaites* (Taf. IV, Fig. 20—22) mit lanzettlichen, zugespitzten Blättern, und *Poacordaites* mit schmalen, linearen, ganzrandigen Blättern.

Blätter und Blüten konnte man ausgezeichnet studieren an vereinzelten Vorkommnissen, wie sie in der Gegend von Étienne (Grand' Croix) in der Form von schwarzen Knollen sich finden. Sie lassen Blätteranhäufungen erkennen, ähnlich so wie in unseren Wäldern die Laubblätter sich nach dem Laubfall angehäuft finden. (Dies spräche für Entstehung an Ort und Stelle des Wachsthums!) Staubblüten, am Achsenende knospen- oder kätzchenartig von Blatthüllen umgeben, lassen 3—4 langgestreckte Pollensäcke („Mikrosporangien") und ihre Füllung deutlich erkennen (Taf. IV, Fig. 23). An den Fruchtblüten, die im Winkel von kräftigen Deckblättern stehen, beobachtete man die nackten Samenknospen („Makrosporangien"), in welchen es gelang, sowohl im Innern in der sogenannten Pollenkammer, als auch innerhalb des Canals der in eine Spitze ausgezogenen inneren Samenhaut Pollenkörner nachzuweisen, so dass aus der Überein-

stimmung der Pollenkörner die Zusammengehörigkeit der Staub- und Samenblüten erwiesen werden konnte (Taf. IV, Fig. 24).

Die Samen selbst (Taf. IV, Fig. 26—28) (*Cordaispermum*, *Cordaicarpus*, *Rhabdocarpus* etc.) sind sehr verschieden geformt, so dass sich schon daraus die Mannigfaltigkeit der *Cordaites*-Formen ergibt. Sie stehen oder hängen bei der Reife an langen Stielen, während sie in der Knospe, wie gesagt, ganz kurz gestielt sind oder sitzen.

6.

Groß ist die Zahl der Autoren, welche sich mit der Entstehung der Kohlenflötze oder genauer mit der Frage beschäftigten, auf welche Art die Anhäufung der Pflanzensubstanz erfolgt sei, die zur Bildung der Flötze führte.

Vom Anfange an, wie noch heute, standen sich zwei Ansichten gegenüber. Nach der Meinung der einen hätten wir die Steinkohle auf Vegetationsvorgänge zurückzuführen, wie sie ähnlich so etwa in unseren heutigen Sumpfvegetationen sich vollziehen, und auf Anhäufung von Pflanzenstoffen am Orte ihrer Entstehung, nach der anderen aber müssten wir uns das Pflanzenmaterial von weiter her an den Ort der Anhäufung zusammengeschwemmt vorstellen.

Neben diesen beiden Anschauungen wurde auch die Meinung vertreten, man habe es bei den Kohlenflötzen mit Anhäufungen von Meerespflanzen zu thun, ja einige Stimmen aus früherer Zeit dachten so-

gar an eine Bildung der Kohle ohne Mitwirkung der Pflanzenwelt.

Es wird sich empfehlen, die letzteren Meinungen zuerst abzufertigen und dann erst zur Besprechung der beiden erstgenannten Vorstellungen überzugehen, und dabei können wir ernstlich nur der die Mitwirkung der Meerespflanzen betreffenden Meinungen kurz gedenken.

Dass Kohle auf Meerespflanzen (Algenvegetationen nach Art der Sargassobänke) zurückzuführen sei, hat zuerst Parrot angenommen (1815) und nach ihm und unabhängig von ihm der Chemiker Mohr, z. B. in seiner Geschichte der Erde (1866), in, wenn auch durchaus nicht überzeugender, so doch an Bestimmtheit nichts zu wünschen übrig lassender Weise. Auch in unseren Vereinsschriften findet sich diese Ansicht von einem dazu nicht sonderlich Berufenen zum Ausdrucke gebracht (im XIV. Bande 1874). Neuerlich hat Dr. F. Muck in seiner recht interessanten „Steinkohlenchemie“ (Bonn 1881, S. 122 ff.) die Frage wieder aufgenommen, wobei er besonders auf den Umstand aufmerksam macht, dass gewisse Algen durch großen Reichthum an „Pectinsubstanz“ ausgezeichnet und dadurch zur Verkohlung und Vertorfung ganz besonders geeignet seien. Aber auch Gustav Bischof (Chemische und physikalische Geologie, I, 1863, S. 770 ff.) neigt sich der Meinung zu, dass die Entstehung der Kohle auf Absätze vegetabilischer Reste im Meere und sogar unter Antheilnahme der Meerespflanzen zurückzuführen sei, und führt dies z. B. im Anschlusse an die

von Rogers (Geologie von Pennsylvanien, 1849) ausgesprochenen Vorstellungen über die Appalachien, Kohlenformation durch. Rogers meint nämlich, es dürfte dort eine ausgedehnte, einen Continent begrenzende Fläche angenommen werden, also etwa eine große Meeresbucht, die mit einem niederen, mit großen Torfmooren bedeckten Küstenlande eingefasst war. Bischof lässt nun gerade diese Torfmoore und Strandwälder durch fortgesetzte Abspülung das Material für die am Grunde der Bucht entstehende Kohle liefern. Auch die aufrecht stehenden Baumstrünke lässt er durch Transport oder durch Versinken der Uferwälder ins Meer gelangen. Wie wir sehen werden, unterscheidet sich diese Vorstellung fast gar nicht von der neuerlich von dem französischen Forscher Grand' Eury ausgesprochenen, nur sind Süßwasserbecken an Stelle der Meeresbucht zu setzen.

Bischof nimmt demnach nur die etwaige Mitwirkung von Meerespflanzen an und ist im übrigen schon als ein Vertreter jener Ansicht zu bezeichnen, welche transportierten, zusammengeschwemmten Pflanzenmassen die Entstehung der Kohlenflötze zuschreibt.

Dass die Kohle durch Zusammenschwemmung gebildet worden sei, haben schon frühzeitig einige Naturforscher behauptet, so z. B. Scheuchzer (1706 bis 1713). Sternberg (1820) dachte an periodische Verwüstungen, Hinwegschwemmungen von Küstenvegetationen, die an geeigneten Stellen zur Anhäufung kommen sollten; Th. Virlet war der Meinung, dass

flossartige Pflanzenanhäufungen, die von Flüssen in Seebecken geführt werden, durch ihr Stranden zur Bildung von Flötzen Veranlassung gegeben hätten.

Heute sehen wir größere Pflanzenanhäufungen durch Zusammenschwemmungen sich vollziehen, an gewissen Meeresküsten, wo durch Strömungen von weit hergebrachte Pflanzenstämme als Treibholz sich ansammeln. Solche Ansammlungen mögen auch zur Steinkohlenzeit erfolgt sein. Wie die natürlichen Rafts (Holzflösse) des Mississippi mögen auch damals sich Treibholzmassen gebildet haben und an geeigneten Stellen zur Ablagerung gelangt sein. Von einem solchen Raft wird erzählt, es habe 10 engl. Meilen (= 15 *km*) Länge, über 200 *m* Breite und 2·5 *m* Mächtigkeit erreicht und habe lange Jahre als eine Art schwimmende Insel bestanden. Elie de Beaumont berechnete, dass eine 8 *m* dicke Schichte Treibholz erst 1 *m* Kohle liefern könne, was übrigens noch weitaus nicht ausreicht (Stur nimmt das Verhältnis 26 : 1 an).

Leopold von Buch führte die Braunkohle auf die von Bächen und Flüssen in Seebecken oder in Meerbusen von Binnenmeeren geführten oder im Schlamme versenkten Blätter und Holztheile der jene Becken umgebenden Wälder zurück. Mit dieser Anschauung wird die bald zu erwähnende, von Fayol neuerlichst vorgebrachte Hypothese in Vergleich zu bringen sein.

Für die Bildung der Steinkohle an Ort und Stelle liegen sehr viele Aussprüche und Ausführungen

vor, diese Meinung war bis vor kurzem so ziemlich die allein herrschende.

Sir William Logan hat in seinen Aufnahmsarbeiten (1842) in den großen Kohlenrevieren in Südwales [1]) allenthalben beobachtet, dass die Kohlenflötze regelmäßig über wohlgeschichtetem Thon auftreten, der vielfach von Wurzeln der Steinkohlenpflanzen durchzogen ist, und diese so vielfach gemachten Wahrnehmungen führten ihn zu dem Ausspruche, dass die Pflanzen, aus welchen die Kohlen entstanden, da, wo wir sie antreffen, auch entstanden und gewachsen sein müssten. Da jene Liegendschichten sich als Sedimente zu erkennen geben, die Kohlen aber nur aus Landpflanzen entstanden sind, und da wir oftmalige Wechsel von solchen Sedimenten und Kohlenflötzen verfolgen können, so werden wir auf Wechselvorgänge in den herrschend gewesenen physikalischen Verhältnissen geführt, welche sich Logan durch ein Oscillieren der Erdoberfläche zu erklären suchte, durch ein wiederholtes Sinken und Wiederemporsteigen des Landes. Nur in gewissen Gebieten finden wir in den die Kohlenflötze trennenden Ablagerungen marine Überreste, und in solchen Fällen sei daher an ein Sinken und Wiederaufsteigen aus den Meeresfluten zu denken oder nach anderer Fassung an ein Übergreifen und Wiederabziehen des Meeres (eine positive und negative Bewegung der Oberfläche des

---

[1]) Transactions of the geol. Society, VI, S. 491; Proceedings, III, S. 275.

Meeres). Wo die betreffenden Zwischenmittel jedoch Reste von Lebewesen des Süßwassers umschließen, müssen wir wohl an andere Erklärungen denken.

Die Zwischenmittel sind entweder Sandsteine, die auf sandige Absätze, oder Schieferthone und Thone, welche auf feine Schlammabsätze schließen lassen. Die Kohle selbst lässt vielfach eine blättrige Structur erkennen, die auf eine Anhäufung kohliger Stoffe in Schlammform und unter Wasser schließen lassen.

Hull entwirft auf das hin folgendes Bild über die Entstehung der Steinkohlenlager:

In einer niedrigen, Überschwemmungen ausgesetzten Gegend gedeiht üppiges Pflanzenleben in einer langewährenden Zeit der Ruhe; da beginnt eine langsame Senkung der ganzen Gegend. Die Gewässer der Mündungsgebiete eines Stromes oder Salzwasser aus dem Ocean dringen ein in das Dickicht, dunklen Schlamm mit sich führend und über die Vegetation ausbreitend und sie vernichtend. Lange Zeit hindurch dauert nun dieser Zustand der Überflutung an, die mächtigen Massen von feinen Sanden werden nebst Pflanzenbruchstücken aus dem benachbarten Festlande fort und fort herbeigeschleppt und abgelagert, dadurch kann das Becken wieder allmählich seichter und seichter werden, so dass schliesslich aufs neue die Vegetation platzgreifen kann. Wälder von ungeheuren Kryptogamen und Coniferen breiten sich aus, Generation derselben folgt auf Generation und ihre Blätter und Stämme häufen sich an, bis etwa der Vorgang der Überflutung sich wieder

vollzieht. Und dort, wo wir 50 oder 70 und mehr Wechsellagerungen von Kohle und Zwischenmitteln finden, müsste ein ebenso oftmaliger Wechsel der Verhältnisse sich vollzogen haben. Endlich mag eine durchgreifende Änderung eingetreten sein, die kohleführenden Schichten werden diesen Einflüssen entzogen, emporgerückt, zusammengepresst, gestaucht, gefaltet u. s. w.

Der am 18. Mai 1884 im 84. Lebensjahre verblichene Dr. Heinrich Robert Göppert (Director des botanischen Gartens in Breslau) hat schon im Jahre 1847 in der Beantwortung einer von der Haarlemer Societät 1844 gestellten Preisfrage[1]) darauf hingewiesen, dass die in den die Steinkohle begleitenden und die Flötze umschließenden Schieferthonen und Sandsteinen vorkommenden Pflanzenreste sich auch in den Steinkohlen selbst vorfinden, dass sich jedoch einerseits in einem und demselben Flötze an verschiedenen Stellen oft verschiedene Arten angehäuft finden und andererseits auch in aufeinanderlagernden Flötzen verschiedenes Verhalten der eingeschlossenen Pflanzen beobachten lasse, dass viele Flötze meilenweit in gleicher Mächtigkeit zu verfolgen sind, und dass sich vielfach aufrecht

---

[1]) „Man suche durch genaue Untersuchungen darzuthun, ob die Steinkohlenlager aus Pflanzen entstanden sind, welche an Stellen, wo jene gefunden werden, wuchsen, oder ob diese Pflanzen an anderen Orten lebten und nach den Stellen, wo sich die Steinkohlen befinden, hingeführt wurden.“ Göpperts gekrönte Preisschrift erschien Haarlem 1848 im Drucke. 318 Seiten mit 23 Tafeln.

stehende Stämme vorfinden. Besonders die beiden letzten Momente schienen ihm für eine ruhige Ablagerung an Ort und Stelle zu sprechen, die große Mächtigkeit vieler Flötze aber für eine langwährende Periode der Bildung derselben, welche als analog den Torfmooren der Gegenwart betrachtet werden könne. Göppert meint die Steinkohlenlager, wenigstens sehr viele der mächtigeren, seien geradezu als „Torflager der Vorwelt“ anzusehen.

Er stellt sich vor, dass während jener Zeit ein ungeheures Meer einen großen Theil der Erde bedeckte, mit vielen vereinzelten Inseln, auf welchen überall eine tropische Vegetation herrschte, ebenso im heutigen Sibirien und Indien, in Britannien, Nordamerika u. s. w. In feuchten ausgedehnten Niederungen derselben hätten sich torfartige Lager gebildet; durch Überschwemmungen seien die gewaltigen Baumriesen mit hohlen Stämmen, die Kalamiten, Schuppen- und Siegelbäume umgestürzt, der theilweisen Zersetzung und Einbettung unterworfen worden, so dass sie nun breitgequetscht aufeinander zu liegen kamen. Auch über den thatsächlichen Verlauf des Verkohlungsprocesses unter Wasser und unter Mitwirkung des Druckes der überlagernden Ablagerungen sprach sich Göppert aus. (Auch erwähnte er dabei, dass bei seinen Versuchen, auf raschem Wege die Verkohlungsprocesse nachzuahmen, durch ein mäßiges Hinzuthun von Eisenvitriol [1 Gewichtstheil auf etwa 100 Gewichtstheile der zu verkohlenden Pflanzensubstanzen] der Process wesentlich vervollkommt werde, was ihn zu dem Hinweise auf das mit

den Kohlen so häufig zusammen vorkommende Eisen in der Form von Siderit [Spateisenstein oder Eisencarbonat] und zu den Bemerkungen führte, dass das Eisen thatsächlich beim Kohlenbildungprocesse mitgewirkt haben dürfte, und dass die Sphärosiderite der Steinkohle sich ähnlich so gebildet haben könnten wie das Rasen- oder Sumpferz der Gegenwart.)

Von hohem Interesse sind die neuerlichst durch Herrn Oberbergrath Stur [1]) einer eingehenden Untersuchung unterzogenen eigenartigen Steinrundmassen, Pflanzen- oder Steinkohlen, „Torfsphärosiderite“ und Thonsphärosiderite, die sich im allgemeinen nicht sehr häufig, local aber geradezu massenhaft finden, und zwar die beiden ersteren sowohl in den Kohlenflötzen, rings von Kohle umhüllt, als auch an der Grenze zwischen der Kohle und dem Kohlenschiefer, die letzteren aber als concretionäre Bildungen in den Zwischenschiefern. Im äußeren Aussehen recht ähnlich, sind die ersteren als krystallinische Schiefer und Massengesteine bestimmt worden; sie sollen hier trotz all der interessanten aber zur Stunde noch nicht gelösten Fragen außer Betracht bleiben. Die Torfsphärosiderite dagegen haben sich auf organische Reste zurückführen lassen und sollen dieselben etwas näher ins Auge gefasst werden, da sie geeignet scheinen, auf die Natur der Steinkohlenentstehung einiges Licht zu werfen. Stur hat die ersten derselben

---

[1]) Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt. 1885, S. 613 bis 648.

aus dem Koks- oder Kunigunden-Flötze zu Witkowitz studiert. (Aus englischen Spärosideriten hat uns Williamson schon 1869 ähnliche Ergebnisse bekannt gemacht und später viele weitere Beiträge darüber in den Transact. of the Royal Soc. of London, 1872 bis 1883, geliefert.) Es sind rundliche Körper von Erbsen- bis Faustgröße. Sie liegen zu hunderten in der Kohle, und zwar so eingebettet, dass diese nur in der unmittelbaren Nähe dieser Körper, dort aber auch recht sehr gestört erscheint. Sie ist dann verdrückt, gebogen und zersplittert. Die Betrachtung der polierten Schnittflächen und die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen hat gelehrt, dass dieselben in einer gelblichen oder gelbbräunlichen mikrokrystallinischen Grundmasse größere und kleinere Trümmer von Pflanzen enthalten, deren anatomische Structur sich als völlig unzerdrückt erweist und an manchen Stellen die zartesten Details, auf das beste erhalten, erkennen und studieren lassen.

Wir haben uns nach Stur vorzustellen, dass diese Körper nichts anderes seien als während der Bildung der Steinkohle in den Steinkohlentorfmassen entstandene Concretionen, das heißt, in der angehäuften Masse von Pflanzentrümmern, einem wahren vegetabilischen Detritus, der auf die üppige Vegetation des versumpften Gebietes zurückzuführen ist. Die vom Wasser durchtränkten modernden Substanzen waren aufgeschwellt und in ihrem anatomischen Bau theilweise recht wohl erhalten. In diesen Massen bildeten

sich nun local um einzelne Punkte herum, und zwar schon zur Zeit der Steinkohlenformation, Ansammlungen von anorganischer Substanz, in unserem Falle von kohlensaurem Eisenoxydul, Kalk und Magnesia, wodurch die organische Substanz durchtränkt und „versteinert“ wurde, so dass diese Rundmassen geradezu Theile der ihrer Form nach am wenigsten veränderten Steinkohlentorfmasse darstellen würden. Während die übrigen Massen durch die nachfolgenden Umwandlungsprocesse verändert und in Kohle verwandelt wurden, verhielten sich die concretionierten Theile widerstandsfähig gegen Druck und chemische Einwirkungen. Wir könnten uns nach der Meinung Sturs, für die gewiss sehr vieles spricht, eine Vorstellung der dem Torf vergleichbaren Masse machen, aus der die Kohlen entstanden; in der Kohle selbst ist ihr Material infolge des Verkohlungsprocesses und des Druckes hingeschwunden (auf etwa $^1/_{26}$ des ursprünglichen Volums verringert worden) und nur in den Pflanzensideriten blieben uns kleine Partikelchen versteinert erhalten.

Nebenbei sei erwähnt, dass auch die Vorstellungen von den Steinkohlenvegetationen recht verschieden waren; nach Dawson müsste man an üppige Vegetation in sumpfigen Deltas denken, die nach längerer Dauer durch Überschwemmungen unterbrochen worden sei. Lyell verglich die Wälder der Steinkohlenperiode geradezu mit Wäldern an den Ufern von Flussdeltas, die periodischen Überschwemmungen ausgesetzt

waren, nach Ludwig wären es hochgelegene Sümpfe gewesen. Elie de Beaumont aber, zur Zeit, als noch die Anschauung der plötzlichen Umwälzungen (Katastrophen) herrschte, dachte sich kleine Inseln mit üppiger Vegetation, welche, im Meere versinkend, mit Schlamm bedeckt wieder auftauchten, um sich aufs neue mit reichem Pflanzenkleide zu überziehen.

Erwähnt sei endlich, dass auch die Zahl derer nicht gering ist, welche meinten, es könne die Kohlenbildung sowohl an Ort und Stelle nach Analogie mit den heutigen Torfbildungen erfolgt sein, unter Umständen aber auch eine Anhäufung von zusammengeschwemmten Pflanzenmassen an geeigneten Stellen zur Entstehung von Flötzen geführt haben. (Naumann, Williamson, Murchison, Burat, Benney u. a. haben derartige Schlussfolgerungen gezogen.)

Heute sehen wir wieder, so wie zur Zeit, als Göppert seine Preisschrift schrieb, und wie seither fast immer, die zwei Ansichten in lebhafter wissenschaftlicher Besprechung, doch scheint sich dermalen das Züngelchen an der Wage etwas gegen die Seite jener hinneigen zu wollen, welche dem Transport das Wort reden. Mit diesen neuesten Bestrebungen, die Frage zu lösen, haben wir uns nun zu beschäftigen.

Mit großem Aufwand von Arbeit machte sich Grand'Eury an die Frage. Wir danken Herrn Grand'Eury ein großes Werk über die Steinkohlenflora des Departement Loire und des centralen Frank-

reich,[1]) auf welches wir schon früher mehrfach hingewiesen haben. Speciell über Steinkohlenbildung sprach er sich später aus,[2]) und auf diese Abhandlung wollen wir nun etwas näher eingehen, nicht darum, weil die ausgesprochenen Gedanken vollkommen neu oder in ihrer allgemeinen Anwendung unanfechtbar wären, sondern weil sie von einem Manne ausgesprochen wurden, der sich durch lange Zeit mit den betreffenden Fragen beschäftigte und dabei zu ganz bestimmten, wohlbegründet erscheinenden allgemeinen Schlussfolgerungen gelangte.

Vor allem wendet sich Grand'Eury gegen die heute ziemlich allgemein angenommene Meinung, dass man bei der Steinkohle an Bildungsvorgänge zu denken habe, die jenen in unseren gegenwärtigen Torfmooren analog seien. Wir haben, es muss dies sofort betont werden, schon aus den Aussprüchen Göpperts entnommen, dass es sich dabei nur um einen Vergleich handelt; von einer vollkommenen Übereinstimmung kann schon aus dem Grunde nicht die Rede sein, weil die Pflanzen ganz andere waren, die das Material lieferten, wenngleich diese Verschiedenheit nicht ausschlaggebend ist.

Dass ein directer Vergleich der Kohlen mit dem Torf nicht angestellt werden kann, da die Floren ganz verschieden sind, ist festzuhalten; dies verstößt jedoch

---

[1]) Paris 1877. Zwei Bände 4⁰ mit Atlas.

[2]) Annales des mines 1882, I, 99—290. Ein ausführlicher Auszug findet sich im Berg- und hüttenmännischen Journal, Wien 1883, S. 341—429.

durchaus nicht gegen die analoge Bildung. Wenn Grand' Eury ganz besonders betont, dass der Torf bei Temperaturen von 6—8° C in höheren Breiten (50° nördliche oder südliche Breite) ganz besonders günstige Verhältnisse für seine Entwicklung vorfindet, dass er in wärmeren Landstrichen nur selten, in tropischen Gegenden aber nie vorkomme, so besteht dies ja zu Recht, an eine Torfmoorbildung im heutigen Sinne des Wortes wird auch nicht zu denken sein, vor allem an kein Hochmoor oder *Sphagnum*- (Torfmoos-) Moor von heute. Ebensowenig muss aber nothwendigerweise an ein subtropisches oder tropisches Klima während der Steinkohlenmoorbildung gedacht werden, im Gegentheile ließen sich alle Erscheinungsformen des Carbonzeitalters in Europa und Nordamerika recht gut mit einem gemäßigt warmen, aber recht gleichmäßigen Klima in Einklang bringen.

Grand' Eury betrachtet übrigens die Kohlenbildung von heute als in Torfmooren vor sich gehend, die Braunkohlen vorwaltend in Seebecken sich bildend, für das Steinkohlenzeitalter aber nimmt er an, dass sich die Kohle gleichmäßig durch Zusammenschwemmung von Pflanzenstoffen in sich allmählich vertiefenden Becken gebildet habe. Man brauche dabei allerdings nicht an einen Transport aus großer Entfernung zu denken, es sei vielmehr wahrscheinlicher, dass die Pflanzen am Ufer von Flüssen und Seen wuchsen und in tieferen Theilen von Seen zur Ablagerung gekommen seien. Die Wälder der Kalamiten-, Siegel- und Schuppen-

bäume mögen auf Hügeln und Anhöhen, wohl auch auf den versumpften Uferrändern der Seen gestanden haben und mögen durch Hochwasser oder Stürme niedergebrochen und die Stämme fortgeschwemmt worden sein, während ihre Wurzelstöcke (zum Theil als Stigmarien), unmittelbar am Oberflächenniveau abrasiert, an den Stellen ihres Wachsthumes zurückblieben. Die große Übereinstimmung, die zwischen Kohlenflötzen der Steinkohle und jenen der Braunkohlenformation (die größtentheils aus grasartigen Pflanzen entstanden sein sollen), in Bezug sowohl auf die Art des Auftretens, als auch in Bezug auf die Zusammensetzung besteht, veranlasste Grand' Eury zu dem Ausspruche, dass es geboten sei, für diese beiden eine und dieselbe Bildungsweise anzunehmen; freilich hat er dabei wieder in erster Linie die hauptsächlich aus Holzstämmen entstandenen Lignite im Auge und denkt andererseits nur an die aus gepressten Holzkörpern zusammengesetzten Steinkohlenvorkommnisse. Die Hölzer (vorwiegend Coniferen), aus welchen die Lignite entstanden, seien bei Überschwemmungen in die Sümpfe geschleppt und unter Wasser abgelagert worden.

Nun, der Unterschied dieser Vorstellungen von der bisher herrschenden ist kein allzu großer. Aus dem Umstande, dass die Steinkohle geschichtet ist und, wo sie überhaupt deutlichere und ansehnlichere Spuren organischer Textur zeigt, Holztheile erkennen lässt, während der Torf nach Grand' Eurys Meinung wesent-

lich aus kleinen, niedrig organisierten Wasserpflanzen und speciell aus Moosen entstanden sei, schien es ihm nothwendig zu sein, die Kohlebildung als einen Sedimentationsprocess hinzustellen, als eine langsame Anhäufung von Rinden, Blättern und zersetzten (ul-minisierten) Pflanzentheilen, Stämmen und Stamm-stücken, die, zusammengeflößt, unter Wasser am Grunde von Wasserbecken aufgehäuft wurden.

Ganz dasselbe Resultat erhalten wir auch ohne alle Schwierigkeit, wenn wir die Steinkohlenbildung in den Sumpfwäldern selbst sich vollziehen lassen, also an Ort und Stelle, wo die Pflanzen wuchsen. Auch da wird sich der vegetabilische Brei aus halb zerfallenen Pflanzenkörpern bilden, und zwar fort und fort. Dass die Vegetation der Steinkohlenzeit eine fast ausschließ-liche Wasser- und Sumpfvegetation sei, hebt übrigens auch Grand' Eury hervor.

Die größte Schwierigkeit, welche gegen Grand' Eurys Anschauung, die Kohlen seien durch Ein-schwemmung und Ablagerung von Pflanzenstoffen in Seebecken entstanden, besteht, ist die große Gleich-förmigkeit und auffallende Reinheit der Kohlenflötze. Die Annahme Grand' Eurys, dass fast das ganze feste Land damals mit Pflanzenwuchs bedeckt gewesen sei, und dass daher in den flachen Gegenden nur wenig Schlamm mitgerissen worden sei, dürfte kaum hin-reichen, um jene Eigenthümlichkeiten zu erklären.

Sahen wir, dass Grand' Eurys mit so großem Aufwand dargelegte Vorstellung in ihren Grundzügen

nicht neu ist, so ist dies auch bei der allerneuesten Theorie, wie sie von Henry Fayol in einem groß angelegten Werke über das Steinkohlengebiet von Commentry im centralen Frankreich sehr sorgfältig ausgeführt hat, der Fall.[1]) Die Kohlenvorkommnisse im centralen Frankreich bilden durchwegs, mit den übrigen Steinkohlenrevieren verglichen, unbedeutende, am Rande und in mehreren kleineren Mulden des Centralplateaus liegende Becken, deren Ausfüllung aus Conglomeraten, flötzleeren und kohleführenden Schichten besteht (bei St.-Étienne mit 16 Flötzen von 40—50 *m* Gesammtmächtigkeit), die der oberen Steinkohlenformation entsprechen. Auch bei Commentry (Clermont NNW.) liegt ein kleines, im ganzen etwa 25 *qkm* großes flaches Becken, das neben kleinen Kohlenschmitzen ein in seiner Mächtigkeit sehr variables, von 0 bis auf 25 *m* anschwellendes Flötz enthält, das eine Fläche von etwa 200 Hektaren einnimmt („grande couche“) und dessen eigenthümlichstes Verhalten, wie schon erwähnt (Fig. 7), in einem Sichzertheilen, besonders gegen Westen besteht, so dass es in dieser Richtung sich förmlich in einzelne übereinander folgende, durch sandige Zwischenmittel getrennte Blätter auflöst. In dem einen Theile des Beckens müssen daher die kohlebildenden Processe fort und fort im großen und ganzen dieselben geblieben sein, während nach Westen hin sandige Sedimente die Kohlenbildung unterbrachen.

---

[1]) St.-Étienne 1886, 8^0, 541 Seiten; Atlas 1887, 25 Taf. Fol.

Fayol führt in einer großen Anzahl von Figuren verschiedene Stadien durch, indem er einen See von verschiedenem Umfang in den verschiedenen Zeitabschnitten annimmt, auf dessen Grund die Ablagerung herbeigeführter Sedimente stattgefunden haben mag. Wir sehen einen 10 *km* langen, 4 *km* breiten und bis 800 *m* tiefen See, der von Hügeln umgeben ist. An seinem Rande bilden sich an den Mündungen der Bäche Deltas, wodurch er an Größe verliert. Auf der Oberfläche des Deltas häufen sich auch die herbeigeführten pflanzlichen Stoffe an und geben so Veranlassung zur Bildung der Kohle.

Dabei häuften sich die groben Schotter- und Geröllmassen in steilerer Böschung nahe an der Einmündung an, während die Sand- und Schlammassen sich weiter beckenwärts mit geringeren Böschungen sich absetzten. Am weitesten wurden die Pflanzenstoffe hinausgetragen und in fast horizontaler Lage abgesetzt. Je nach den Niederschlagsverhältnissen und Wassermengen änderte sich dieser Sichtungsprocess. Größere Wassermengen werden gröberes Material weiter hinausgetragen haben, es wird dann Schlamm, Sand oder selbst Geröll- und Blockwerk über die Pflanzensinkstoffe gelagert worden sein und sich auf diese Weise sowohl die Hauptflötztheilung als auch die Zwischenlagerung mineralischer Substanz zwischen die Kohle des großen Flötzes erklären. Die Zufuhr hat auf jeden Fall von der Seite her stattgefunden; gegen welche die Auflösung des Flötzes gerichtet ist. Die beckenwärts

abnehmende Mächtigkeit der mineralischen Sedimente würde thatsächlich für diese Richtung der Zufuhr der Sinkstoffe sprechen.

Es soll gleich hier betont werden, dass thatsächlich die Zufuhr der mineralischen Sinkstoffe in dieser Art erfolgt sein dürfte, dass aber darum nicht auch der Pflanzendetritus nothwendigerweise auf dieselbe Weise herbeigetragen worden sein muss. Auch Unterbrechungen von Vegetationen an Ort und Stelle angenommen, würden sich durch Einschwemmungen an den der Einmündung zu gelegenen Stellen der Vegetationsgebiete Störungen ergeben, die ein ganz ähnliches Resultat liefern würden.

Die Kohle zeigt heute die gewöhnliche muldenförmige Oberfläche, welche Fayol nicht so sehr als ein Resultat nach der Ablagerung erfolgter Vorgänge auffasst, indem die Sedimente durchaus nicht, wie so ziemlich allgemein angenommen wird, ursprünglich horizontal abgelagert worden sein müssen, sondern etwa so, wie sie sich in den Alluvionen in den Deltas an den Flussmündungen bilden, wo sie an den geneigten Oberflächen Neigungswinkel von $0—40^0$ bilden können. Die Kohle besteht in dem ganzen kleinen Becken überall aus einer Mischung von Bruchstücken von Stämmen, Zweigen, Wurzeln, Blättern u. dgl., die meist in zerriebenem Zustande sich befinden. Dabei sind übrigens die Eigenschaften der Kohle an verschiedenen Stellen sehr verschieden: fette, magere Kohlen und Anthracite wechseln mit einander ab, woher dies kommt, ist noch

eine offene Frage. Fayol zweifelt nicht daran, dass die Pflanzenstoffe von Wasserläufen herbeigeführt und in ein Seebecken abgelagert worden seien. In allen Lagern, sowohl in der Kohle selbst, als auch in den Schiefern, Sandsteinen und Conglomeraten, finden sich die Stämme, und zwar in den verschiedensten Stellungen, bald flach auf den Schichten liegend, bald schräg, bald normal zu den Schichtflächen. Am seltensten sind Stämme in den gröberen Sedimenten (in Conglomeraten auf 1000 m^3 finden sich bis zu 10 Stücke), während sie sich in feineren immer häufiger finden, in der Kohle aber am häufigsten: 10.000 Stücke auf 1000 m^3. Dagegen sind in Conglomeraten die Stämme am häufigsten in aufrechter Stellung angetroffen worden (20 Exemplare unter 100, in der Kohle dagegen erst einer auf 400 Exemplare). Auch diese stehenden Stämme sind nach Fayol herbeigeführt worden und nur in aufrechter Stellung untergesunken. Darin unterscheidet sich Fayols Vorstellung ganz bestimmt von jener Grand'Eurys.

Die oben erwähnten Zertheilungen des einen Flötzes durch Einschaltung von taubem Gestein zeigen sich ganz ähnlich so auch in dem Kohlenbecken von Creuzot, wo die streckenweise bis zu 60 m mächtig werdende Flötzmasse zum Theile unmittelbar auf dem Grundgebirge (Grauwacke) auflagert und weiterhin nach beträchtlicher Mächtigkeitsabnahme in fünf, im Querschnitt fast schlangenförmig gebogene Schichten sich auflöst, die durch den Bergbau auf das beste aufgeschlossen sind.

A. de Lapparent hat Fayols Vorstellung in seinem großen und reichhaltigen Traité de géologie (Paris 1885) zu der seinigen gemacht.

Die Stämme, sie werden auf Calamodendreen und auf Baumfarne zurückgeführt, zeigen meist im Querschnitt linsenförmige Abplattungen. Vielfach sind es Landpflanzen oder solche, wie sie auf flachem, vielleicht überschwemmtem Boden gedeihen, durchaus aber nicht solche, dass man auf eine Sumpfvegetation ähnlich jener der heutigen Torfmoore denken könnte. Besonders hervorgehoben wird der Umstand, dass die zahlreichen Kalamitenstämme, wie sie in den Steinbrüchen von Treul (A. de Brongniart), in Nordamerika (Dawson) und zu Commentry (Fayol) so häufig sind, so dass sie an letzterem Orte einen förmlichen Wald vorstellen könnten, nie bis in die Kohlenflötze hineinreichen.

Lapparent benützt den Umstand des Vorkommens aufrechter Stämme in den Sandablagerungen, um daraus auf einen verhältnismäßig raschen Vollzug der Ablagerungen, z. B. in dem Becken von Commentry, zu schließen. Die Stämme müssten rasch eingebettet worden sein, „sonst hätten sie sich, herbeigeflößt, nicht lange in ihrer aufrechten Stellung erhalten können“. Während man nach Heers Annahmen für die Kohle Galliens auf einen Zeitraum von etwa 640.000 Jahren kommen würde, schließt man nach Fayol auf nur 7000 Jahre, indem er die in einem Jahre abgelagerte Schuttmasse auf eine Million Kubikmeter berechnet. Ver-

gleichsweise sei hier die Schuttablagerung der oberen Reuß in ihrem großen Delta im Vierwaldstädtersee, nach den so sorgfältigen, auf 27jährigen Beobachtungen basierten Berechnungen Heims 200.000 m^3 (grober Schutt und Schlamm), angeführt, eines gewaltigen, wasserreichen Hochgebirgsflusses. Für den Fluss, der in das kleine, im ganzen größten Umfange kaum ein Viertel so große Becken von Commentry sich ergossen hat, würde sich sonach eine fünfmal größere Leistungsfähigkeit ergeben (!). Freilich haben damals sicherlich andere Verhältnisse geherrscht als heute. Fayol rechnet ja beispielsweise das Verhältnis der Masse von Pflanzendetritus auf $^1/_{200}$ der gesammten Ablagerungsmassen und nimmt dann an, dass sich jährlich eine Masse von Pflanzen, die eine $^1/_2$ *mm* dicke Kohlenschichte zu liefern vermochte (nach der gewöhnlichen Annahme würde man daraus auf eine etwa 20 mal so große Masse Pflanzentrümmerwerk zu schließen haben), auf etwa 5000 *h* Fläche abgelagert habe, eine Annahme, die mit den Verhältnissen in irgend einem heutigen Delta kaum einen Vergleich zulassen wird.

Lapparent wendet dieselbe Art der Entstehung auch für die nordeuropäischen Kohlenfelder an und meint, dass wir es dabei mit einem z. B. von Irland bis Westphalen reichenden Ufersaume zu thun hätten, der von einem südlichen Hochlande her gleichmäßig überflutet worden sei, d. h. er nimmt dabei nicht etwa an, dass einzelne Flüsse Deltas ins Meer hinaus vorgebaut hätten, sondern dass über den ganzen Ufersaum

eine zusammenhängende Wasserergießung ins Meer und damit Stein- und Pflanzenschuttzufuhr und Ablagerung stattgefunden haben müsse. So wenigstens fasse ich die betreffende Stelle der Lapparent'schen Darstellungen auf. (Man vergleiche S. 868 seines grossen Handbuches.)

Schon die Erklärung dieser nordeuropäischen Becken begegnet Schwierigkeiten. Wie soll man sich aber die enormen Flächenräume der amerikanischen Flötzreviere auf diese Weise erklären? Auf ein ganz merkwürdiges Verhalten derselben in Bezug auf die Abnahme der Flötze an Zahl und Mächtigkeit von Südost gegen Nordwest hin ist schon hingewiesen worden.

7.

Haben wir auf diese Weise die verschiedenen Anschauungen über die Art des Vorganges der Anhäufung von Pflanzenstoffen in gedrängter Kürze erörtert, so erübrigt uns nun noch die Betrachtung der Frage, wie aus diesen Pflanzenanhäufungen die Kohlen wurden.

Wir werden in dieser Beziehung von den gegenwärtig zu beobachtenden analogen Vorgängen ausgehen müssen.

Wie erwähnt, ist die wichtigste Bildung dieser Art der Torf.

Der Torf der Gegenwart, dessen Lager bis zu 20 *m* Mächtigkeit erreichen, ist eine Bildung, die in Sümpfen aus Gräsern, Moosen, Wurzeln und Holzpflanzen entsteht.

Der eigentliche Torf entsteht im Gebirge hauptsächlich aus *Sphagnum* (dem Torfmoos).

Der Moortorf oder Sumpftorf, wie er an Küstenniederungen oder an Fluss- und Seeufern sich findet, wird aus Schilfrohr, Riedgräsern, Binsen, Seerosen u. dgl. gebildet, auf undurchlässigem oder wasserhaltendem Boden und in klarem, ruhig stagnierendem, durch die Vermoderungsproducte angesäuertem Wasser.

Der Torf der Sumpfwälder besteht aus Gräsern und Baumresten, enthält eingewurzelte Stöcke und stellenweise Unmassen von angeschwemmten Pflanzenstoffen, so z. B. nach Grand'Eury am Ural und nach Lesquereux bei Kiögge unweit Kopenhagen.

In neuerer Zeit hat sich besonders J. J. Früh mit dem Studium des Torfes beschäftigt[1]) und fand, dass derselbe als das Endproduct des Vertorfungsprocesses aufzufassen sei und aus Ulmiaten (Verbindungen von Ulminsäure mit anorganischen Basen) und anorganischen Salzen (der Schwefel-, Phosphor- und Kieselsäure) besteht.

Die abgestorbene Pflanzensubstanz kann nach Senft folgende Wege der Zersetzung einschlagen, je

---

[1]) „Über Torf und Dopplerit", Zürich 1883, 88 Seiten mit einer Tafel, und „Kritische Beiträge zur Kenntnis des Torfes". Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1885, S. 677—725 mit einer Tafel. — Eine der reichhaltigsten Arbeiten bleibt jedoch immer noch die Schrift: „Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen" von Dr. Fr. Senft, Leipzig 1862.

nach der Art und Weise, wie die Wärme, Luft und Feuchtigkeit auf sie einwirken:

1. bei vollem Luftzutritt, mäßiger Temperatur und Wärme vollzieht sich die Verwesung oder die Humusbildung, es entsteht nämlich eine bräunliche erdige Substanz (Humus), die mit Alkalien oder kohlensauren Alkalien Humussäuren und im Wasser lösliche humussaure Alkalien bildet;

2. bei gehemmtem Luftzutritt und viel Feuchtigkeit vermodert die Pflanzensubstanz; es entsteht eine grauschwarze, saure, im frischen Zustande schlammige, getrocknet pulverige Masse: saurer oder fauliger Humus, Moder oder Geïn;

3. bei anfangs vollem Luftzuge und gewöhnlicher Temperatur und nachherigem Abschluss von Luft, erhöhter Temperatur und unter Mitwirkung von Wasser vertorft oder verkohlt sie. Dieser Process vollzieht sich auch bei Pflanzen, die unter Wasser vegetieren, und nun sind es aber gerade die unter Wasser lebenden Pflanzen, welche den besten Torf liefern (Schlamm- oder Baggertorf).[1])

Den Übergang der abgestorbenen Pflanzensubstanzen in Torf unter Mitwirkung von Humussäuren erklärt z. B. Kerner in seinem Pflanzenleben (Leipzig 1887, I, S. 241) auf folgende Weise, indem er sagt:

---

[1]) Man vergleiche die älteren ausführlichen Darlegungen in dem noch immer lesenswerten H. G. Bronn'schen Handbuch einer Geschichte der Natur, II (1843), S. 317—391 und S. 538—643.

„Die von Humussäuren durchdrungenen abgestorbenen Pflanzen verfallen nicht der Verwesung, d. h. sie zerfallen nicht in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, sondern erhalten sich der Form und dem Gewichte nach fast unverändert, indem sie in Torf übergehen.“

Der Zerfall erfolgt bei Gegenwart von Wasser, und zwar um so rascher, je weniger humussaure Verbindungen vorhanden sind und je höher die Temperatur ist.

Der Vertorfungsprocess ist nach den Darstellungen, wie sie Früh in sciner schon genannten Schrift gegeben hat, bei verschiedenen Pflanzen verschieden und geht besonders rasch in den gerbstoffreichen Pflanzenzellen, also in Rinden-Markstrahlen und Markzellen vor sich, so dass die Waldtorfe oder die Laubholzeinschlüsse in Wiesen- oder Hochmooren gerne in jene eigenthümliche schwarze, speckige Substanz übergehen, die als Dopplerit bezeichnet wird. Holzzellen und besonders wieder jene der Gefäßbündel von Farnkräutern ulmificieren zu vollkommen homogenen Massen und verharren dabei in ihrem Verbande.

Um die Vorgänge, welche zur Steinkohlenbildung aus organisierter Pflanzensubstanz führen, zu begreifen, muss ein genaues Studium der verschiedenen fossilen Kohlen vorausgehen; dazu wird vor allem die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Kohlen dienen können. Aber auch Versuche, aus Pflanzenstoffen Kohle oder kohleähnliche Substanzen zu er-

halten, werden unter Umständen Licht auf die sehr verwickelten Fragen verbreiten können.

Übrigens gehören diese Fragen zu den schwierigsten und sind bis nun nur wenige Versuche zu verzeichnen, sie zu lösen. Im allgemeinen steht zwar fest, dass die fossilen Kohlen, sowie die lebenden Pflanzenkörper der Hauptsache nach Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff sind und außerdem auch kleine Mengen von Schwefel, sowie verschiedene Mengen von unverbrennbaren Theilen, Aschenbestandtheilen enthalten, und zwar sind von einer großen Anzahl von verschiedenen Kohlenvorkommnissen die Mengenverhältnisse der genannten Bestandtheile genau bekannt (vergl. die tabellarischen Übersichten über die Zusammensetzung einiger Kohlen und ihrer Aschen auf Seite 22—24). Aus diesen Ergebnissen der Analyse geht hervor, dass im allgemeinen der Hauptunterschied der älteren Kohlen von den jüngeren in einer Zunahme des Kohlenstoffgehaltes im Verhältnisse zu den anderen beiden Hauptbestandtheilen: dem Wasserstoff und Sauerstoff besteht, so dass man von einer durch die Zeit und die dabei sich vollziehenden Umwandlungsprocesse eingeleiteten Kohlenstoffanreicherung sprechen kann.

Auch Gustav Bischof [1]) hat diese Fragen ausführlich erörtert, wobei er hervorhebt, dass die Un-

---

[1]) Lehrbuch der chemischen u. physikalischen Geologie, I. Bd., 1863, S. 745—832.

wandlung der Pflanzensubstanz in Kohle besonders unter Mitwirkung der Wasserstoffoxydation erfolgte, wobei die Hauptabnahme des Sauerstoffes resultieren müsste.

Die erwähnte Kohlenstoffanreicherung vollzieht sich infolge der fortdauernden, meist überaus langsamen Oxydation (einem langsamen Verbrennungsprocesse bei beschränktem Luftzutritte), infolge welcher eine Abscheidung von Wasser, Kohlensäure und Grubengas (Kohlenwasserstoff: CH_4) und wobei eine Massenverminderung stattfindet. Die Verminderung betrifft dabei den Sauerstoff in höherem Grade als den Kohlenstoff.

Auf 100 Gewichtstheile Kohlenstoff gerechnet, finden sich nämlich die beiden anderen Bestandtheile in folgenden Verhältnissen:

	Kohlen-stoff	Wasser-stoff	Sauer-stoff
Holz	100	12·33	88
Torf	100	10	70—55
Braunkohle	100	8—7	45—30
Steinkohle	100	6	16—14
Anthracit	100	3	3

Dieser Process, der in seinen Anfangsstadien vielfach als „Vermoderungsprocess“ bezeichnet wird, erfolgt um so langsamer und schwieriger, je tiefer die Pflanzensubstanz unter Wasser sich befindet.

Nach Gust. Bischof kann die Umwandlung auch ohne jede Mitwirkung des äußeren Sauerstoffes gedacht werden. Nach Bischof sind dabei verschiedene Fälle

der Umwandlung möglich: 1. Abscheidung von Kohlensäure und Kohlenwasserstoff; 2. Abscheidung von Kohlensäure aus den Elementen des Holzes und Oxydation des Wasserstoffes durch den äußeren Sauerstoff, und 3. Abscheidung von Kohlensäure und Wasser aus den Elementen des Holzes.

Die Umwandlung von Holz in vermodertes Holz und Humus wird durch Ausscheidung von Sauerstoff und Wasserstoff als Wasser eingeleitet, später entweichen Sauerstoff und Kohlenstoff als Kohlensäure und noch später kommt es wahrscheinlich zur Abscheidung von Kohlenwasserstoffgas. Bei dem Verkohlungsvorgange seien alle drei oben genannten Fälle möglich. Im ersten Falle geht die größte Menge des Kohlenstoffes verloren, im letzten Falle vollzieht sich der Vorgang am langsamsten und geht dabei am wenigsten Kohlenstoff verloren. Es wird aber auch eine Abscheidung von Kohlensäure, Wasser und Kohlenwasserstoff sich vollziehen können und wird dabei das Maximum des Kohlenstoffverlustes um so mehr erreicht werden, je mehr Kohlenwasserstoff entweicht.

Dass diese Processe auch in den Steinkohlenlagern selbst noch fort und fort andauern, das beweisen die aus denselben frei werdenden Gase: Schwaden (Kohlensäure) und schlagende Wetter oder „feuriger Schwaden“ (Gruben- oder Sumpfgas), das Endresultat aber würde bilden: Anthracit, anthracitischer Graphit und Graphit. Dass die Anreicherung dabei unbedingt eintreten wird, geht aus der Erwägung hervor, dass bei der Kohlen-

säurebildung (CO_2) auf einen Gewichtstheil Kohlenstoff $2^2{}_3$ Theile Sauerstoff, bei der Kohlenwasserstoffbildung (CH_4) aber freilich auf drei Gewichtstheile Kohlenstoff erst ein Gewichtstheil Wasserstoff entfällt. Der rapide Sauerstoffverlust ergibt sich auch aus der Wasserbildung, bei welcher auf einen Gewichtstheil Wasserstoff acht Gewichtstheile Sauerstoff entfallen. (Beispielsweise würden bei Luftabschluss, nur auf die eigene Substanz angewiesen, aus 100 *kg* Holz bei Abgabe von 20 *kg* Wasser und etwa 33 *kg* Kohlensäure noch circa 57 *kg* Kohle von einer an Schwarzkohlen annähernden Zusammensetzung zurückbleiben; oder besser nach Fleck: es würden aus 100 *kg* organischer Substanz bei Abgabe von 24 *kg* Kohlenstoff und 26 *kg* Wasser 16 *kg* Sumpfgas und 44 *kg* Kohlensäure entstehen und auch in diesem Falle eine kohleähnliche Substanz zurückbleiben.)

Es fehlt nicht an Versuchen, die Entstehung der Steinkohlen aus Pflanzenstoffen auch experimentell nachzuahmen.

Außer den von Göppert (in seiner Preisschrift) beschriebenen Versuchen, wonach z. B. aus Pflanzenkörpern, die mit Wasser monatelang auf 60—80 ^{0} erhitzt wurden, eine braunkohlenartige Masse entstand, sind jene Violette's bemerkenswert,[1]) welcher durch längeres trockenes Erhitzen von Faulbaumholz in verschlossenen Gefäßen bei 160—200 ^{0} „Rothkohle", bei

---

[1]) Ann. chem. phys., XXXII, S. 304.

200—280 ^{0} aber eine schwarze Kohle mit Holzstructur erhielt, deren Zusammensetzung thatsächlich (bis auf den etwas großen Sauerstoffgehalt) an jene gewisser Braunkohlen erinnert (bei 240 ^{0}: Kohlenstoff 67·13, Wasserstoff 5·17, Sauerstoff 25·92 und Asche 1·77).

Von neueren Versuchen sind diejenigen Fremy's zu erwähnen.[1]) Er setzte Pflanzensubstanz in einem geschlossenen Rohre einer Erhitzung bis auf 200— 300 ^{0} aus und unterzog die erhaltenen Producte dann einer genauen Untersuchung. Aus Holz erhielt er wohl einen sehr veränderten Körper, der jedoch durchaus nicht steinkohlenartig war, aus Zucker,[2]) Stärke, Gummi oder Chlorophyll jedoch erhielt er schwarze, glänzende, in Säuren und Alkalien unlösliche Rückstände, die beim Erhitzen eine Art Koks lieferten. Besonders aus Gummi resultierte eine in jeder Beziehung steinkohlenartige Substanz. Fremy stellt sich vor, dass die Umwandlung der Pflanzensubstanz in Kohle durch eine Anhäufung von Ulminsäure erfolgt, eine bei der „Vertorfung" sich bildende, dicke, schwarze, in glänzenden Lagen zwischen der Holzfaser auftretende Substanz. Es ist dies eine Vorstellung, welche der schon 1778 von v. Beroldingen ausgesprochenen entspricht. Fremy unterwarf nun auch die aus Torf, Zucker und aus der

---

[1]) Comptes-rendus 1879, Bd. LXXXVIII, S. 1648, oder Berg- und hüttenmännische Zeitung 1879, S. 341.

[2]) Versuche dieser Art hat Mulder (in Erdmann's Journal) schon 1839 veröffentlicht.

die Holzfasern verbindenden, von ihm „Vasculose“ genannten, durch Behandlung von Holz mit Alkalien zu gewinnenden Substanz, dargestellten Huminsäuren ähnlichen Erhitzungen und erhielt also auf beschleunigtem Wege wieder steinkohlenähnliche Producte.

Eine Reihe auch für uns hier interessanter Beobachtungen hat H. Tappeiner[1]) veröffentlicht, über die „Cellulosegährungen“ und „über die Sumpfgasgährung im Schlamme der Teiche, Sümpfe und Cloaken“. Er fand bei seinen Versuchen, dass zweierlei Cellulosegährungen eingeleitet werden können: eine, wobei nur Kohlensäure und Wasserstoff, die andere, wobei nur Kohlensäure und Grubengas entwickelt werden; in beiden Fällen entstanden organische Säuren.

Auch die mikroskopische Untersuchung der Kohlen ist neuerlichst wieder in Angriff genommen worden und wurden dabei besonders die für die Entstehung der Kohle wichtigen Beobachtungen hervorgehoben. So haben die Herren H. Fischer und D. Rüst in Freiburg im Breisgau das von Paulus Fr. Reinsch in Erlangen eingeleitete Studium von Steinkohlen-Dünnschliffen[2]) aufgenommen und fortgesetzt.[3])

---

[1]) Bericht der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin 1883, III, S. 1734—1744.

[2]) P. F. Reinsch: Neue Untersuchungen über die Mikrostructur der Steinkohlen. Leipzig 1881, bei F. O. Weigel.

[3]) H. Fischer und D. Rüst: Über das mikroskopische Verhalten verschiedener Kohlenwasserstoffe, Harze und Kohlen. Groth, Zeitschr. für Krystallographie, VII, 1883, S. 209—243.

Sie fanden außer der Feststellung des Vorkommens von gelben und rothen harzähnlichen Körpern in den Schwarzkohlen, die in den schottischen Bogheadkohlen die Hauptmasse ausmachen, in Anthraciten (welche solche Einlagerungen nicht enthalten), Körnchen, welche Spuren von Holztextur erkennen lassen. In Schwarzkohlen wurden eigenartige spindel- oder wurmförmige oder geschlängelte zartgestreifte Körper angetroffen, welche wie jene feuerbeständig sind, jedoch nicht näher gedeutet werden konnten. Sehr reich an kleinen Harzcylinderchen sind die in Bezug auf den Harzreichthum zwischen den Bogheadkohlen und den gewöhnlichen Steinkohlen stehenden englischen Kännelkohlen (aus Lancashire im mittleren England). In der Zwickauer-Steinkohle fanden sich kleine, strahlig faserige Körperchen, welche von Reinsch als bisher unbekannte Pflanzen unter verschiedenen Namen („Asterophragmien") beschrieben worden sind. Diese „Protophyten" wurden nun aber als Sphärosideriteinschlüsse erkannt.

Inhaltreiche Studien über die Texturverhältnisse der Mineralkohlen hat bald darauf Dr. C.W. v. Gümbel in München zur Durchführung gebracht, auf die wir etwas näher eingehen wollen, da sie wohl auch Schlüsse auf die Entstehungsgeschichte der Kohlen zu ziehen erlauben.[1]) Die in neuerer Zeit wiederholt aufgestellte

---

[1]) Sitzungsber. der math.-physik. Classe der k. bair. Akad. der Wissensch., 1883, S. 111—216.

Behauptung, dass die Kohlen aus Meeresalgen entstanden seien, waren Veranlassung zu v. Gümbel's Arbeit. Unter Anwendung der nicht ungefährlichen — weil Explosionsgefahr vorhanden — Schultze'schen Methode der Entfärbung der kohligen Substanz durch Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, wurden die braunen, humusartigen Bestandtheile gelöst und durch Behandlung mit Alkohol oder Ammoniak entfernt. Kohlen, welche, auf diese Weise behandelt, unverändert bleiben, müssen sorgfältig eingeäschert werden. Oberhautgebilde, Sporen und Pollenkörner bleiben ungelöst, desgleichen winzige Harzkügelchen. Die wichtigsten Resultate sind nach v. Gümbel kurz folgende: Als der dichten Steinkohle am nächsten stehend ist die schon erwähnte Torfpechkohle oder der Dopplerit zu bezeichnen, der eine gleichartige amorphe Substanz bildet, mit rußender Flamme brennt und etwa 8 % mit Säure stark brausende Asche (Kalkerde) hinterlässt, die mit Humussäuren verbunden zu sein scheint. Theilweise umgewandelte zerfallene Pflanzentheilchen neben mehr weniger gut erhaltenen Pflanzenresten und einer dazwischen liegenden humusartigen, vollkommen zersetzten amorphen Masse pflanzlichen Ursprunges bilden den Torf (Specktorf). Typische Braunkohlen lassen keine Torfmoos- *(Sphagnum-)* Blattreste erkennen, wohl aber Holztheile in Menge (von Zweigen, Ästen und Stämmen). In Pechkohlen findet sich daneben eine texturlose, dem Dopplerit ähnliche Substanz als Füll-

masse zwischen den Pflanzentheilchen. Das gleiche ist bei sämmtlichen mesozoischen Gagatkohlen der Fall. In Bezug auf die Kohlen der paläozoischen Steinkohlenperiode wird hervorgehoben, dass nicht der hohe Druck die wesentliche Ursache der Umwandlung der Pflanzensubstanz in Kohle sei, indem die Raumreduction nicht in so beträchtlichem Maße (auf $^1/_{25}$—$^1/_{30}$) nachgewiesen werden könne.

Die Glanzkohle besteht aus einer intensiv braunen, in feinen Splittern völlig texturlos erscheinenden Masse. Bei Behandlung mit der erwähnten „Bleichflüssigkeit“ lassen sich jedoch verschiedenartige Kohlen als aus Pflanzengeweben (Holz, Blattstielen, Sporen etc.) bestehend erkennen.

In der Mattkohle herrschen hauptsächlich auf Prosenchymgewebe (von Blättern) zurückführende Bildungen vor.

Die Faserkohle ist auf Holzkörper zurückzuführen. In der Kännelkohle und Bogheadkohle ist besonders die übergroße Menge von winzigen Knöllchen und Kügelchen bezeichnend, welche Sporen genannt werden. Dasselbe ist bei der böhmischen Plattelkohle der Fall, welche vorwiegend aus Körnchen und verfilzten Häutchen besteht. Auch der Anthracit liefert bei der Einäscherung Zellen und Gefäße, und zwar ohne die Spuren weitgehender Zusammendrückung, wie gewöhnlich angenommen wird.

Torf und Anthracit sind nach v. Gümbel als ursächlich verwandte und der Substanz nach sehr ähn-

liche Bildungen auf das engste miteinander verknüpft. Die Mittelglieder, die eigentlichen Steinkohlen, bestehen außer den Aschenbestandtheilen aus verkohlten Pflanzen, deren Hohl- und Zwischenräume durch unlöslich gewordene Humus- und Ulminsubstanz erfüllt sind. Diese Einlagerung der ursprünglich gelösten und später unlöslich gewordenen Substanz nennt Gümbel den Inkohlungsprocess. Größere Pressung, als die aus den übereinander lagernden Schichten hervorgehende, glaubt v. Gümbel nicht annehmen sollen, ebenso wenig die Mitwirkung sonderlich hoher Wärme. Die verschiedenen Grade der Veränderung seien nur durch die Länge der Zeit und durch zeitweilig einwirkende, die Oxydation des Wasserstoffes bedingende Verhältnisse hervorgebracht worden. Ursprünglich verschiedene Pflanzenkörper und ihr verschiedener Zustand, sowie die Verschiedenheit der äußeren Verhältnisse, hätten die Verschiedenheit der Kohle zu erklären. Glanzkohle sei vorwiegend aus Rinden und Holztheilen, Mattkohle aus Blattorganen, Kännelkohlen durch besonders häufige Theilnahme von Kügelchen und Häutchen (Sporen) bedingt. Faserkohle sei aus vermoderten holzartigen Theilen aufgebaut.

Die Verschiedenheit derselben Flötze an verschiedenen Stellen, in Bezug auf ihren Bitumengehalt, möchte v. Gümbel auf äußere Verhältnisse zurückführen. Eine Decke von undurchdringlichem Thon werde die Umbildung in anderer Weise beeinflusst haben.

als eine solche etwa aus lockeren, für die Kohlengase leicht durchdringlichen Sanden.

Auch v. Gümbel hat die Frage erörtert, ob die Entstehung der Steinkohle auf Anschwemmungsproducte, oder auf Anhäufung von an Ort und Stelle gewachsenen Pflanzenstoffen nach Art der Torfvegetation zurückzuführen sei, oder wie er sich ausdrückt: ob die Kohle autochthon (an Ort und Stelle der Vegetation) oder allochthon (aus herbeigeführten Sedimenten) entstanden sei. So sehr die ausgesprochene Schichtung, sowohl des Kohlengebirges im ganzen als auch speciell der Flötze, für die allochthone Entstehung zu sprechen scheint, und wenngleich die sicher an Ort und Stelle gewachsenen nicht allzuhäufigen Pflanzenstöcke und Stämme etwa durch ein zeitweiliges Ansteigen des Wasserspiegels der aufgestauten, als Sammelbecken für die herbeigeführten Pflanzen aufgefassten hypothetischen Seebecken, also durch ein Hinübergreifen (Transgredieren) des Sedimentraumes erklärt werden könnten, so liegen gerade in der Beschaffenheit der Torflager und in der Art ihrer Entstehung die überzeugenden Momente, welche für die analoge Entstehung der Steinkohlen sprechen.

Auch der Torf ist nämlich durchaus nicht ausschließlich eine autochthone Bildung; der Seetorf, wie er sich am Grunde von Sümpfen, Teichen, Seen und Meeresbuchten bildet, ist geradezu als Sedimentbildung allochthonen Charakters zu bezeichnen, ohne deshalb

in höherem Grade geschichtet zu sein als der autochthone Moortorf.

Im großen und allgemeinen sind nach allem, was wir bis nun wissen, die Kohlenflötze auf autochthone Anhäufungen von abgestorbenen, zerfallenen und zersetzten Pflanzentheilen zurückzuführen, wobei die Einschwemmungen von Pflanzenstoffen nur eine untergeordnete und locale Rolle gespielt haben. Schon auf Grund der v. Gümbel'schen Darlegungen können wir noch hinzusetzen, dass die Mineralkohlen durchaus nicht texturlos sind, sondern im Gegentheile sogar weitaus vorherrschend Pflanzentextur erkennen lassen, wenn diese auch durch die humin- und ulminartigen Zwischenlagerungen verhüllt ist und nicht ohne Mühe entschleiert werden kann.

Es unterliegt sicherlich keinem Zweifel, dass die zur Bildung von Steinkohlenflötzen führenden Processe recht verschiedene gewesen sein können. Wenngleich nämlich anzunehmen sein wird, dass die Hauptmassen der Kohlen auf autochthone Sumpfvegetationen zurückzuführen sein werden, die in oft weit ausgedehnten flachen Mulden inmitten von Festländern erfolgt sein mögen, so kann ebenso sicher angenommen werden, dass auch in Strandsümpfen an flachen Küsten, etwa so, wie wir sie heute an den Mangroveküsten vor uns sehen, üppige Vegetationen platzgenommen haben können, die, durch lange Zeiträume während, reiches

autochthones Material zur Kohlebildung aufgespeichert haben könnten. Aber auch in Seen, durch Ablagerung oder doch unter Mitwirkung der Ablagerung herbeigeführter Pflanzenstoffe, mag das eine oder andere kleinere Steinkohlenflötz entstanden sein, ja wer möchte es auf Grund der erkannten Thatsachen läugnen, dass eine Bildung kleinerer Flötze auf den flachen Untiefen der Flussdeltas möglich sei? So sind z. B. im Rheindelta[1]) Torfbildungen mit abwechselnden Flussanschwemmungen bis zur Tiefe von 60 *m* nachgewiesen worden. Die Sinkstoffe des Weichselwassers erleiden nach G. Bischof 23·2% Glühverlust, wovon ein gewiss beträchtlicher Theil auf organische Substanzen entfällt. Im Delta der Memel fand man neben Baumstrünken, die sicher an Ort und Stelle gewachsen sind, angeschwemmte Baumstämme. Im Delta des Po und in der Nähe von Venedig fand man bis zu 100 *m* Tiefe in vier verschiedenen Niveaux vegetabilische Anhäufungen. Brunnenbohrungen haben daselbst das Vorkommen von Lignit und Torf nachgewiesen. Groß und seit langem bekannt sind die Massen von Treibholzanschwemmungen auf dem flachen Delta des Mississippi. In Lignit verwandelte Zweige, Blätter, Stämme und Torfschichten wurden auch im Delta des Ganges durch Brunnenbohrungen nachgewiesen u. s. w. Alle diese

---

[1]) Man vergleiche G. R. Credner: Die Deltas. Gotha 1878, Ergänzungsheft 56 zu Petermanns geogr. Mitth., wo auch die reichhaltige Literatur über diese Fragen zu finden ist.

Anschwemmungen sind jedoch wenig beträchtlich im Vergleich mit der Mächtigkeit vieler Flötze, und ihre räumliche Ausdehnung ist gering, wenn wir sie mit den großen Erstreckungen der Kohlenflötze vergleichen. Diese lassen sich wohl nur durch lange dauernde Sumpfvegetation erklärlich finden. Auch die Wechsellagerungen von Kohlenflötzen mit den flötzleeren Anschwemmungsmassen gröberer Körner oder feinster Art (Sandsteine und Schieferthone) sind unschwer auf Änderungen der physikalischen Verhältnisse zurückzuführen. Locale Zufuhr von Pflanzenstoffen vom Lande her ist sicher möglich, Kännel- und Boghead-kohle mögen darauf zurückzuführen sein (v. Gümbel). Auch Abschwemmung von zersetzten Theilen der Torfvegetation, die dann in tieferen Theilen des Sumpfes angehäuft worden sein mögen, kann angenommen werden. Überflutungen müssen zeitweilig die Torfvegetation unterbrochen haben, und zwar ebensowohl in Sumpfniederungen des Binnenlandes, als in Strandsümpfen, für welche letztere aber ein wichtiges Moment auch in dem Auftreten von vorübergehenden Meereseinbrüchen, infolge von Sturm- oder Hochfluten des Meeres, gelegen sein dürfte. Durch solche könnte die mehrfach bekannte Wechsellagerung von kohleführenden Schichten mit Ablagerungen mariner Natur erklärt werden, die durch das Auftreten von marinen Thierresten charakterisiert sind, wie dies für die sogenannten paralischen Steinkohlen so vielfach bekannt wurde, und welche auch im Ostrauer Gebiete

in verschiedenen Horizonten nachgewiesen werden konnten.

v. Gümbel weist diesbezüglich auch auf gewisse jungcretacische und tertiäre Kohlen hin, wie z. B. auf jene in den Gosauschichten, und auf gewisse Pechkohlenflötze in Südbaiern (Miesbach, Pensberg, Peisenberg), wo man über echt marinen Schichten zwischen mächtigen, in ausgesüßtem Wasser (Brackwasser) entstandenen Ablagerungen, mehr als zwanzig Pechkohlenflötze kennt, während darüber wieder marine Bildungen lagern. Wir können uns nach v. Gümbel unschwer vorstellen, dass das betreffende Becken zuerst mit Meerwasser erfüllt war, dann vorübergehend durch eine Barre insoweit von der freien Verbindung mit dem Meere abgeschlossen wurde, dass das Wasser halb ausgesüßt werden konnte. Auch eine Senkung des Meeresspiegels kann ähnliche Folgen herbeigeführt haben. In dieser Zeit versumpften die seichten Uferränder und eine üppige Sumpfvegetation lieferte das Material für die Kohlenflötze. Ähnlich so verhielt es sich wohl auch in unseren südostalpinen schmalen, fjordartig weit in die Alpenthäler hineinreichenden Buchten in Südsteiermark, Krain und Croatien, wo am Beginn der Mediterranzeit die großen Braunkohlenmassen zur Ablagerung gelangten, welche z. B. in den Gruben von Sagor und Trifail abgebaut werden. Wie immer aber auch die näheren Verhältnisse gewesen sein mögen, so viel steht fest, dass auch diese Kohlen nur aus Landpflanzen entstanden sind und keinerlei Einschlüsse geliefert

haben, die an eine Antheilnahme von Meerespflanzen an der Kohlenbildung hindeuten würden.

Es kann nicht geleugnet werden, dass eine Schwierigkeit, die der Ansicht, die Kohle habe sich analog den Torfmooren gebildet, darin besteht, dass so ungeheure Sedimentabsätze bis zu tausenden von Metern übereinander stattfinden konnten, was tiefe oder während der Ablagerung stetig tiefer und tiefer werdende Mulden voraussetzt. Andererseits bietet aber wieder die oft so gewaltige räumliche Ausdehnung der Kohlenfelder eine Schwierigkeit, und schon Henry Rogers, dem wir so genaue Studien der pennsylvanischen Kohlengebiete verdanken, wurde durch den großen Flächenraum (circa 150.000 km^2) zu der Frage geführt, ob es denn begreiflich sei, dass irgend ein See, ein Meerbusen oder eine Strommündung ein so ausgedehntes Sediment hätte aufnehmen, oder dass irgend ein Fluss oder mehrere Flüsse ein solches Delta hätten bilden können. In der That ist dieser Flächenraum größer als die heutigen Deltas des Ganges, Bramaputra (82.600 km^2), des Mississippi (32.000 km^2) und des Nil (22·000 km^2) zusammengenommen!

Tafelerklärungen.

Tafel I. — Farne I.

Fig. 1. Idealer Baumfarn nach Grand' Eury. (Flore carbonifère, Taf. B.) $^1/_{44}$ nat. Größe.

1. Unteres Stammstück mit einem Holzcylinder, der von einem mit zahlreichen Adventivwurzeln durchzogenen Rindenparenchym umgeben ist *(Psaronius)*.
2. *Psaronicaulon sulcatum* Gr. E. Stammstück ohne Narben.
3. *Caulopteris Freieslebeni* Gr. E. Stammstück mit wenig ausgeprägten Narben.
4. *Caulopteris macrodiscus* Gr. E. Stammstück ohne Adventivwurzeln, mit großen, scheibenförmigen, spiral angeordneten Blattstielnarben.
5. Blätterkrone, als *Pecopteris (Cyatheites) Schlotheimi* Göppert („*Asterotheca*" nach Grand' Eury) bezeichnet, mit entfalteten und noch eingerollten Blättern.

Fig. 2. Querschnitt von *Psaronius Cottai* Corda. (Man vergleiche Schimper-Zittel, Handbuch II, S. 148.) „Staarstein". Eine mächtige Rinde mit Adventivwurzeln umgibt den die band- oder wurmförmig gekrümmten Gefäßbündel umschließenden Holzkörper. $^1/_4$.

Fig. 3. Ein Querschnitt durch eine Adventivwurzel von *Psaronius radiatus* Unger. (Nach Schimper, Paléont. végét., Taf. LVI, Fig. 7.)

Fig. 4. *Caulopteris endorrhiza* Gr. E. Stammoberfläche mit großen glatten Blattnarben. Innerhalb verlaufen Adventivwurzeln, eine ganze Lage bildend. (Grand' Eury l. c., Taf. IX, Fig. 4.) $^1/_2$.

Fig. 5. *Diplothmema alatum* Brongn. sp. (*Sphenopteris alata* Brongn.) Gerhardsgrube, Saarbecken, ein Stück (Abschnitt zweiter Ordnung) der Blatthälfte. (Stur: Farne der Schatzlarer Schichten, Taf. XXVIII, Fig. 4.) $^3/_4$.

Fig. 6. Stark vergrößerter Abschnitt dritter Ordnung. (l. c., Taf. XXVIII, Fig. 4 a.) $^3/_2$.

Fig. 7. *Diplothmema obtusilobum* Brongn. sp. Ein Blattabschnitt dritter Ordnung. $^3/_4$.

Fig. 8. Dasselbe. Ein Fiederchen, sehr stark vergrößert, mit seinen Segmenten und Nerven. (7, 8 nach Stur l. c., Taf. XXV, Fig. 8.) Ein kleines Stückchen des sehr großen Blattes. $^2/_1$.

Fig. 9. *Diplothmema (Sphenopteris) Haueri* Stur (Kulmflora, Taf. VII, Fig. 3 a). Ein Abschnitt zweiter Ordnung aus der Nähe der Blattspitze. Von Altendorf. $^3/_2$.

Fig. 10. *Diplothmema Schützei* Stur. Von Altwasser bei Waldenburg, die linke Hälfte eines Blattes. (Stur: Farne der Schatzlarer Schichten, S. 286, Fig. 45.) $^3/_4$.

Fig. 11. *Diplothmema belgicum* Stur von Levant du Flème in Belgien. $^3/_4$.

Dieser herrliche Rest lässt alle charakteristischen Merkmale des Geschlechtes *Diplothmema* erkennen: Der Stamm (ich habe das Blatt, der Vorstellung Sturs folgend, niederhängend gezeichnet) ist dünn, lang, grob, längsgestreift, besaß fünf Längskiele. Die schlanken Stämme führten Stur unabweislich zu der Annahme, das *Diplothmema* nur als eine klimmende Lianenfarn-Gattung angesehen werden könne. Das große Blatt besitzt einen nackten Stiel und zeigt eine deutlich symmetrische zweitheilige Blattspreite. Jede dieser Hälften erscheint wieder in zwei, aber ungleiche Hälften getheilt. Die Abschnitte dritter Ordnung bei unserer Art sind näher der Theilungsstelle des Blattes fiederschnittig, weiterhin aber tief gelappt.

Fig. 12. *Diplothmema nervosum* Brongn. sp. (*„Pecopteris“*), wahrscheinlich bei St. Ingbert in der Pfalz. Ein Stück eines Abschnittes zweiter Ordnung. (Stur: Farne, Taf. XXV b, Fig. 2, zum Theile.) $^3/_4$.

Fig. 13. Ein Fiederchen, vergrößert, nach Brongniart (Hist. de Végét. foss., Taf. XCV, Fig. 1 A), um die Nervatur zu zeigen. $^3/_1$.

Fig. 14. *Calymotheca (Sphenopteris) Hoeninghausi* Brongn. sp. (l. c., Taf. LII). Stück eines Abschnittes erster Ordnung dieses großen Blattes aus den Schatzlarer Schichten von Westphalen. $^3/_4$.

Fig. 15. *Diplothmema (Pecopteris) Pluckenetii* Schloth. sp. Aus der oberen Kohle von Carmant (Tarn) nach Zeiller (Explic. de la carte géol. de la France IV, Taf. CLXVIII, Fig. 1). Ein Abschnitt zweiter Ordnung. $^3/_4$.

Fig. 16. Dasselbe ein Fiederchen, stärker vergrößert. (Zeiller l. c., Fig. 2.) $^4/_1$.

Fig. 17. *Odontopteris Brardii* Brongn. (l. c., Taf. LXXVI.) Ein Abschnitt zweiter Ordnung. $^3/_4$.

Fig. 18. Dasselbe. Der untere Theil desselben Blattabschnittes vergrößert. $^2/_1$.

Fig. 19. *Scolecopteris (Pecopteris) arborescens* Schloth. sp. Nach Zeiller (l. c., Taf. CLXIX, Fig. 4). Fragment eines sterilen Blattes. Aus der oberen Kohle von St.-Étienne. $^3/_4$.

Fig. 20. Zwei Fiederchen derselben Art, um die einfache Nervatur zu zeigen (nach Heer, Urwelt der Schweiz, Taf. I, Fig. 8). $^2/_1$.

Fig. 21. *Senftenbergia (Pecopteris) dentata* Brongn. Aus der oberen Kohle von Alais (Gard) nach Zeiller (l. c., Taf. CLXVIII, Fig. 3). $^3/_4$.

Fig. 22. Dasselbe (Fig. 4). $^8/_1$.

Fig. 23. *Diplacites (Pecopteris) longifolius* Brongn. sp. Von Gersweiler bei Saarbrücken. Ein Stück eines Ab-

schnittes erster Ordnung nach Stur (Farne der Schatzlarer Schichten, Taf. LXIII, Fig. 3). $^3/_4$.

Fig. 24, 25, 26, 27. Dasselbe. Abschnitte zweiter Ordnung verschiedener Größe, um die Entwicklung der Nervatur bei verschieden großen Abschnitten derselben Ordnung zu zeigen. Nach Stur (l. c., Taf. LXI, Fig. 1a—d). $^3/_2$.

Fig. 28. *Hawlea (Pecopteris) Miltoni* Artis. Von Valenciennes. Schatzlarer Schichten. Nach Brongniart (l. c., Taf. CXV, Fig. 4, als *Pec. abbreviata* abgebildet). $^3/_4$.

Fig. 29. Dasselbe. Ein Abschnitt zweiter Ordnung, stärker vergrößert. $^2/_1$.

Fig. 30. *Cardiopteris frondosa* Göppert. Kulmschichten. Von Thann am Oberrhein. Nach Schimper (l. c., Taf. XXXV, Fig. 3); vergl. auch Stur, Kulmflora (Taf. I). $^3/_4$.

Fig. 31. *Alethopteris Serli* Brongn. Von St.-Etiénne. Oberkarbon. Nach Brongniart (l. c., Taf. LXXXV). $^3/_4$.

Fig. 32. Ein Fiederblättchen derselben Art, stärker vergrößert. $^2/_1$.

Fig. 33. *Lonchopteris Bricii* Brongn. Von Aniche, Dep. Nord. Oberkarbon. Nach Zeiller (Explic. de la carte géol. de la France, Taf. CLXV, Fig. 4). Ein Fiederblättchen der Form nach ähnlich der vorigen Gattung, aber netzaderig. $^3/_2$.

Fig. 34. *Neuropteris flexuosa* Brongn. Von St.-Étienne. Obere Steinkohle. Nach Brongniart (l. c., Taf. LXV, Fig. 2). $^3/_4$.

Fig. 35. Ein Fiederblättchen derselben Art, stärker vergrößert. $^2/_1$.

Fig. 36. *Dictyopteris Brongniarti* Gutb. Nach Schimper (Zittel, Handbuch, S. 117). $^1/_1$.

Steht zu *Neuropteris* im ähnlichen Verhältnis wie *Lonchopteris* zu *Alethopteris*. Nach Stur (Sitzungsber. der kais. Akademie, 1883, S. 638 [6]) sind die vier letztgenannten Gattungen bisher mit

Fructificationsorganen nicht bekannt geworden, und er bezweifelt geradezu, dass man es dabei mit Farnen zu thun habe. Renault (Bot. foss. III, 1883, Taf. XXIX, Fig. 4) gibt von *Neuropteris Loshii* einen verkieselten Rest von Autun, Durchschnitte durch die Blattfläche und zeichnet problematische Sporenhäufchen in die mittlere Partie des Blattdurchschnittes.

Fig. 37. *Senftenbergia (Sphenopteris) crenata* Lindl. Aus der Kohle von Zwickau. Nach Schimper (Zittel, Handbuch II, S. 143) mit Aphlebien (Adventivfiedern) an dem Hauptaste des Blattes.

Tafel II. — Farne II.

Die auf dieser Tafel zur Darstellung gebrachten Fructificationen sind zum größten Theile dem Werke Stur's über die Farne der Schatzlarer Schichten entnommen. Die Quellenangabe bezieht sich auf die diesem Werke vorangegangenen Veröffentlichungen des genannten Autors in den Sitzungsber. der kais. Akademie der Wissensch., 1883, LXXXVIII. Bd., und sind, wo sich nicht andere Angaben finden, die Seitenangaben auf den genannten Band der Sitzungsberichte zu beziehen.

Fig. 1. *Rhacopteris paniculifera* Stur (S. 640). Aus dem Kulm-Dachschiefer von Altendorf. Ein Blatt mit fächerförmigen zerschlitzten Abschnitten zweiter Ordnung und einem rispenförmigen Fruchtstande mit kugeligen Sporangien. $^1/_1$.

Fig. 2. *Noeggerathia foliosa* Sternb. (S. 645). Aus dem Oberkarbon. Radnitzer Schichten von Rakonitz. Ein Blatt, dessen unterer steriler Theil einfach fiederschnittig ist. Die Fiederblätter verjüngen sich nach oben und gehen in die Fruchtstandabschnitte (Fruchtblättchen, Brakteen) über, die an den der Blattspindel zugewendeten Seiten die Sporangien tragen. Aus drei Fundstücken zusammengesetzt. $^3/_4$.

Fig. 3. Ein Fruchtblättchen aus dem mittleren Theile der Fruchtähre mit zwei Sporangien und mehreren Sporangien-Ansatzstellen. $^5/_4$.

Fig. 4. Ein Sporangium.

Fig. 5. Eine Spore. (Fig. 3, 4, 5 Stur, S. 646.) *Rhacopteris* und *Noeggerathia* rechnet Stur zu den Ophiogloseen und vergleicht sie mit dem recenten *Botrychium*. $^5/_1$.

Fig. 6. *Aphlebiocarpus Schützei* Stur. Von Altwasser. Waldenburger Schichten. Blattspindel und eine Spindel zweiter Ordnung mit einem *Aphlebia*-artigen Fruchtblatte. $^3/_2$.

Fig. 7. Dasselbe geschlossen. $^3/_2$.

Fig. 8. Sporangienklumpen im Innern eines solchen Blattes. $^3/_2$.

Fig. 9. Ein Sporangium, etwa 4 mal vergrößert. (Fig. 6—9 Stur, S. 653.) $^{10}/_1$.

Fig. 10. *Sphyropteris tomentosa* Stur. Von Prodnitz in Belgien. Ein Blattabschnitt mit einem (aufgeklappten?) hammerförmigen Sporangienträger an der Spitze. (S. 656.) $^4/_1$.

Fig. 11. *Hapalopteris typica* Stur. Aus Belgien. Ein Abschnitt zweiter Ordnung mit Sporangien. $^4/_1$.

Fig. 12. Dasselbe. Ein Abschnitt dritter Ordnung mit gruppenförmigen und einzeln stehenden Sporangien. (S. 661.) $^8/_1$.

Fig. 13. *Senftenbergia*. Blattabschnitt mit sieben Sporangien. (S. 785.) $^4/_1$.

Fig. 14. *Senftenbergia elegans* Corda. Ein gut erhaltenes Sporangium mit maschenförmiger Oberfläche, die Stelle zeigend, wo das Aufspringen erfolgt. (S. 667.) $^{120}/_1$.

Fig. 15. *Senftenbergia exigua* B. Ren. Schnitt durch einen sporangientragenden Blattabschnitt. (Renault III, Taf. XIX, Fig. 15.) $^{25}/_1$.

Fig. 16. Der Blattabschnitt hinabgebogen, umhüllt beide Sporangienreihen fast zur Hälfte. Von Autun. (Renault III, Taf. XIX, Fig. 16.) $^{40}/_1$.

Fig. 17. *Grand'Eurya autunensis* Stur. Verkieselter Rest von Autun. Schnitt parallel der Abschnittfläche. $^4/_1$.

Fig. 18. Die an einem Seitennerven sitzenden Sporangien durchschnitten (Fig.17,18.) (Renault III,Taf.XIX,Fig.5.) $^{12}/_1$.

Fig. 19. *Hawlea Miltoni* Artis sp. Von Kattowitz. Schatzlarer Schichten. Ein Blattabschnitt dritter Ordnung mit Sporangien. $^5/_1$.

Fig. 20. Eine Gruppe (Sorus) aus vier kahnförmigen, mit einem Schlitz aufgesprungenen, an einem Träger (Receptaculum) befestigten Sporangien. (Stur, S. 683.) $^{20}/_1$.

Fig. 21. *Oligocarpia Gutbieri* Göppert. Sporangiengruppen (Sori) aus einem Abschnitt letzter Ordnung. $^{15}/_1$.

Fig. 22. Ein Sorus derselben Art aus fünf Sporangien. Aus dem sächsischen Karbon. (Stur, S. 687.) $^{50}/_1$.

Fig. 23—25. *Oligocarpia Brongniarti* Stur. Von Duttweiler im Saarbecken. Schatzlarer Schichten. $^{100}/_1$.

23. unfruchtbarer, 24. sporangientragender Abschnitt dritter Ordnung. 25. Ein Sorus mit neun Sporangien. (Stur, S. 688.)

Fig. 26. *Discopteris Karwinensis* Stur. Von Kattowitz in Oberschlesien. Schatzlarer Schichten. Oberseite eines Abschnittes dritter Ordnung. Zeigt den Sporangienträger (Receptaculum). $^3/_1$.

Fig. 27. Ein aus 70 Sporangien bestehender Sorus. $^{20}/_1$.

Fig. 28. *Discopteris Schumanni* Stur. Von Schwarzwaldau in Niederschlesien. Ein Abschnitt dritter Ordnung von unten. Die beiden untersten Sporangienhäufchen sind abgefallen und werden auf diese Weise die Sporangienträger sichtbar. (Fig. 26—28 Stur, S. 694.) $^3/_1$.

Fig. 29. *Saccopteris Essinghi* Andr. Von Karwin. Schatzlarer Schichten. Zwei Abschnitte zweiter Ordnung mit Ausnahme der unteren Ränder erhalten, mit den an der Spitze sich öffnenden Sporangien. (Stur, S. 697.)

Fig. 30. Ein Sporangienhäufchen. Die Sporangien der Form nach an die Pollensäcke der Cycadeen erinnernd. $^8/_1$.

Fig. 31. Ein einzelnes Sporangium. (Stur, S. 697.) $^{8}/_{1}$.

Fig. 32—34. *Asterotheca Sternbergi* Göppert. Von Wettin.

32. Ein fruchttragender Abschnitt dritter Ordnung.

33. Ein Sorus aus sechs nur an der Spitze freien Sporangien, 34. Durchschnitt; 32. und 33. schematisch. (Stur, S. 709.) $^{8}/_{1}$.

Fig. 35—38. *Scolecopteris (Pecopteris, Cyatheites) arborescens* Schloth. sp.

35. Nach Grand' Eury (Flore carb. du Dép. de la Loire), Taf. VIII, Fig. 6. 36. Desgleichen, Taf. VIII, Fig. 1. 37. Vier Sporangien auf einem Träger (Stur, S. 785). 38. *Scolecopteris*, zwei der Sporangien im Durchschnitte nach Grand' Eury, Taf. VIII, Fig. 5, mit stark herabgekrümmter Fläche des Abschnittes. $^{4}/_{1}$.

Fig. 39, 40. *Renaultia intermedia* Renault sp. Von St.-Étienne.

39. Abschnitt quer und auf die Abschnittoberfläche. Die Sporangien, an der Basis unter sich und mit dem Receptaculum verwachsen, besitzen einen Ring an der Spitze mit hörnchenartigen Fortsätzen. 40. Ein Sporangium, in der Axe durchschnitten, mit dem Ring und Hörnchen. (Renault l. c., Taf. XXII, Fig. 8 und 11.) $^{8}/_{1}$.

Fig. 41. *Diplazites emarginatus* Göppert. Von Wettin. Ein Stück eines jungen Blattabschnittes zweiter Ordnung. Die Verdickungen zeigen die Stellen an, wo die Sporangiengruppen sich herausbilden. (Stur, S. 772.)

Fig. 42. Eine Sporangiengruppe, schematisch nach Stur (S. 785). Ähnlich jener von *Asterotheca.* Hier unterscheidet vor allem die verschiedene Nervatur.

Fig. 43 und 44. *Danaeites sarepontanus* Stur. Aus dem Saarbecken. Schatzlarer Schichten.

43. Ein fruchttragender Blattabschnitt dritter Ordnung, mit Sporangienhäufchen zu beiden Seiten der Mittellinie. 44, 44 *a*, *c* Abdruck der ausgefallenen

Sporangien eines Sorus von oben und im Querschnitte. 44 *b, d* Die Sporangien eines Sorus von oben und im Querschnitte. (Stur, S. 780.)

Alle Formen von Fig. 6—45 sind nach Stur der Ordnung der Maratiaceen zuzurechnen.

Fig. 45. *Thyrsopteris schistorum* Stur. Aus dem Kulm-Dachschiefer von Mihradorf. Spindeln erster, zweiter und dritter Ordnung; die letzteren tragen kugelige Sporangienbehälter (den Schleierchen oder Indusien der recenten Polypodiaceen entsprechend). (S. 797.) $^{3}/_{1}$.

Fig. 46. *Calymotheca Avoldensis* Stur. Aus den Schatzlarer Schichten Belgiens. Ein Abschnitt dritter Ordnung mit gestielten Sporangienkapseln am Blattabschnittrande. $^{3}/_{2}$.

Fig. 47. Eine solche Kapsel vergrößert. (Stur, S. 803.) $^{12}/_{1}$.

Fig. 48. Kapseln von *Calymotheca Schatzlarensis* Stur. Aus Belgien. (Stur, S. 803.) $^{4}/_{1}$.

Fig. 49. *Sorotheca Crépini* Stur. Eine offene Sporangienkapsel mit den concaven Eindrücken der Sporangien. Von Flènu in Belgien. (Stur, S. 807.) $^{4}/_{1}$.

Fig. 50. *Diplothmema* cf. *Zwickauiense* Gutb. sp. Von Schwadowitz. Blattabschnitt mit Sporangienkapseln an den Spitzen. Fructificationen von *Diplothmema* sind überaus selten.

Die in Fig. 45—50 dargestellten Formen werden von Stur als Vertreter von Polypodiaceen betrachtet.

Fig. 51—53. *Odontopteris sorifera* Grand'Eury. Problematische Darstellung der an den Enden der Nerven stehenden Anschwellungen, die als Sporangienhäufchen (Sori) gedeutet werden. (Grand'Eury l. c., Taf. XIII, Fig. 4.) $^{2}/_{1}$, $^{8}/_{1}$, $^{30}/_{1}$.

Fig. 54. Ein Blatt von *Glossopteris indica*. Ein netznerviges einfaches Blatt aus dem indischen Steinkohlengebiete. $^{3}/_{4}$.

Tafel III. — Die Lepidodendreen.

Fig. 1. *Lepidodendron dichotomum* Sternb. Von Svinná (im Pilsener Becken). In natürlicher Größe bei 4 *m* hoch. Lässt die verschiedene Form der Blattnarben deutlich erkennen, sowie die unter spitzen Winkeln erfolgende Verzweigung. (Sternberg, Flora der Vorwelt, Taf. I.) $^1/_5$.

Fig. 2. *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. (Von Hruschau.) Bis zur Abzweigung des Astes $4\,^1/_4$ *m* lang und unten etwa 66 *cm* breit. Der Winkel des Astes mit dem Stamme nähert sich einem rechten. (Stur, Kulmflora, S. 224 [330].) $^1/_{40}$.

Fig. 3. *Selaginella spinulosa* A. Br. Vergleichsobject. $^3/_4$.

Fig. 4. *Lycopodium macrophyllum* Gldb. (Schimper, Paléont. végét., Taf. LVII, Fig. 3.) $^3/_4$.

Fig. 5. *Lepidodendron selaginoides* Williamson. Querschnitt eines Stammes aus einem der englischen Kalkknollen. Ein centraler Gefäßbündelstrang mit zerstörter Innenrinde. Der Mittelcylinder mit radialen Spalten, die Blattbündel enthaltend. Von der äußersten Zone sind nur Reste erhalten. (Solms-Laubach, Paläophyt., S. 226.) $^3/_4$.

Fig. 6. *Knorria imbricata* Sternb. Eigenartige Ausbildung eines *Lepidodendron*-Stammes. Nach Schimper (Zittel, Handbuch II, S. 194.) $^3/_4$.

Fig. 7. *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. Von Landshut in Niederschlesien. Abdruck der äußeren Rindenoberfläche im Schiefer. Mit kleinen Blattnarben und zwei großen Bulbillennarben, das sind nach Sturs Auffassung Narben von Seitenzweigen, wie sie ähnlich bei *Selaginella* auftreten, welche zur Vermehrung der Pflanze bestimmt sind. Solms-Laubach hält sie für die Narben von Fruchtzapfen. (Stur, Kulmflora XXII [XXXIX], Fig. 3 b.) $^3/_4$.

Fig. 8—10. Verschiedene Erhaltungszustände der Stammoberfläche von *Lepidodendron.* (Solms l. c., S. 201.)
8. *Lepidodendron obovatum* Sternb., rechts im Hohldruck, links Abformung der abgelösten Rinde, von innen (sigillarienartige Ausbildung = „*Aspidiaria*-Zustand“ nach Solms). 9. *Lepidodendron (Bergeria) angulata* („*Bergeria*-Zustand“ nach Solms). 10. *Lepidodendron nothum* Ung. (Australien) („*Bergeria*-Zustand“ nach Solms). Nach Sternberg mit der Epidermis beraubten Lepidodendreen übereinstimmend. $^3/_4$.

Fig. 11. *Lepidodendron acuminatum* Göppert sp. Von Landshut in Niederschlesien. Sigillarienartiger Abdruck („*Aspidiaria*-Zustand“ nach Solms) eines *Lepidodendron.* (Stur, Kulmflora, Taf. XXII [XXXIX], Fig. 4. $^3/_4$.

Fig. 12. *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. Von Altwasser bei Waldenburg. Junge Rinde von außen. Links ist der Steinkern entblößt von der verkohlten Rinde und zeigt die innere Oberfläche der Rinde im Abdruck. (Stur, Kulmflora XX [XXXVII], Fig. 1.)

Fig. 13. *Lepidodendron Volkmannianum* Sternb. Altwasser bei Waldenburg. Runzelige Rinde eines älteren erwachsenen Baumes. Die Blattnarben auf den Blattpolstern treten stark hervor. Einige Blattpolster unter den Blattnarben leicht quergefältelt. (Stur, Kulmflora, Taf. XXXIII [XL], Fig. 2.)

Fig. 14. *Lepidodendron Volkmannianum* Sternb. Von Altwasser bei Waldenburg. Rinde eines jungen Stammes mit beginnender Bulbillenknospung. (Stur, Kulmflora, Taf. XXIII [XL]).

Fig. 15. *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. Von Michalkowitz. Abdruck der äußeren Oberfläche der Rinde im Schiefer. (Stur, Kulmflora, Taf. XIX [XXXVI], Fig. 5.)

Fig. 16. Blattpolster von *Lepidodendron*. Schematisch nach Stur (Kulmflora, Taf. XIX [XXXVI], Fig. 1). In der Mitte des rhombischen Blattpolsters liegt die querrhombische Blattnarbe mit den drei Durchgangspunkten des Fibrovasalstranges des Blattes nahe dem Unterrande. Das mittlere Mal oder Narbe ist rundlich oder abgerundet dreiseitig, die beiden seitlichen bald rund, punktförmig vertical verlängert oder mondförmig gebogen, mit der Concavseite gegen die mittlere Narbe. Auf den beiden Wangen des Blattpolsters unterhalb der Narbe finden sich zwei „Male“, ob es Gefäßbündelendigungen sind, so wie Stur annimmt, „Blattpolster-Gefäßdrüsen“, wird von Solms bezweifelt, der die Frage nach ihrer Bedeutung offen lässt. Zwischen den Wangen verläuft die mehr weniger hervortretende gekerbte oder gerunzelte Mittellinie. Oberhalb der Blattnarbe liegt nahe der stumpfen mittleren Ecke derselben eine Narbe oder Grube, welche von Stur mit dem Ligulagrübchen der *Selaginella* verglichen und Ligulagrübchen genannt wird. Im obersten Theile des Blattpolsters tritt ein erhabenes Mal auf und wird wieder in Analogie mit *Selaginella* als Ansatzstelle des Sporangiums bezeichnet.

Fig. 17. *Lepidodendron Sternbergi* Brongn. Außer den Blattnarbenpunkten sind auch die zwei „Blattpolstergefässdrüsen“ ausgeprägt.

Fig. 18. *Lepidophloios*. (Nach Solms, Paläophyt., S. 217.) Schüsselförmige Narben der hochpyramidalen Blattpolster, die dachziegelförmig übereinander decken. Drei Gefäßbündelmale sind sichtbar (Schimper l. c., Taf. LX, Fig. 11—14, zeichnet sie, ebenso auch Corda, umgekehrt). Erinnern in der Form der Umrisse an die oberen Zweignarben bei *Lepidodendron dichotomum* Sternb. (Man vergleiche Fig. 1.)

Fig. 19. Beblätterte Zweigenden von *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. von Przivos bei Mährisch-Ostrau. (Nach der Natur.) $^3/_{10}$.

Fig. 20. *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. Altwasser bei Waldenburg. Die zapfentragenden, reichbeblätterten Zweigenden mit noch anhaftenden sehr jugendlichen Lepidostroben.

Fig. 21. Desgleichen. Einzelner *Lepidostrobus*.

Fig. 22. Reifer *Lepidostrobus* derselben Art von Polnisch-Ostrau mit zum Theile entblößter Achse. $^1/_2$.

Fig. 23. *Lepidostrobus Dabadianus* Schimper. Verkieselter Zapfen (als Geröll im Departement der Haute-Garonne am Ausgange des Volpethales gefunden worden). Die Blätterspitzen nicht mehr vorhanden, die Höcker stellen die Enden der Fruchtblüte dar.

Fig. 24. Derselbe Zapfen durchschnitten, zeigt in der unteren Hälfte ($^2/_5$ der Höhe) die mit kugeligen Makrosporen gefüllten Sporangien, weiter oben stehen die Mikrosporangien.

Fig. 25. 1. Ein Makrosporangium auf seinem Sporangiumträger. 2. Eine Makrospore. 3. Eine Gruppe (Tetrade) von Mikrosporen.

Tafel IV. — Die Sigillarien und Stigmarien.

Fig. 1. *Sigillaria.* Zwei restaurierte Bäume. Nach Zittel (Aus der Urzeit), Schimper (Zittel, Handbuch II, Fig. 144, S. 199) und Renault (Bot. foss. II, Taf. I, Fig. 1). Stämme mit den dichotomischen Wurzeln (Stigmarien). Oberfläche mit Längsfurchen, zwischen diesen die Blattnarben in abwechselnder Ordnung übereinander und in Spiralen angeordnet. Die Blätter einfach schmal und gleichartig. Die Fruchtstände an dem einen Exemplare sind etwas problematisch. Die Bäume scheinen jenen von *Lepidrodendron* überaus ähnlich, nur viel-

leicht etwas weniger ästig gewesen zu sein. Die Verästelung dichotomisch. ca. $^1/_{40}$.

Fig. 2. *Stigmaria ficoides* Brongn. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXIX, Fig. 7). Von Niederburbach bei Thann. Steinkern mit anhängenden Würzelchen (Apendices). $^3/_4$.

Fig. 3. Ein Würzelchen vergrößert. $^3/_4$.

Fig. 4. Querschnitt der Achse von *Stigmaria ficoides*. Nach Williamson (Solms, S. 278). Außen die Rinde mit zwei Würzelchen. Innen der aus zahlreichen Keilen bestehende Holzring um den centralen cylindrischen Hohlraum, der mit lockerem Parenchym gefüllt gewesen sein dürfte. Die Gefäßbündel der Würzelchen reichen durch die Rinde und durch die Zwischenräume zwischen den Keilen (Markstrahlen) bis an die Innenseite des Holzringes. Zwischen der Rinde und dem Holzkörper lag wohl ein lockerer Parenchymcylinder und eine Bastschichte.

Fig. 5. *Stigmaria ficoides* Brongn. Von Radnitz in Böhmen. Typische Form. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXIX, Fig. 9).

Fig. 6. *Sigillaria reniformis* Brongn. Von Saarbrücken. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXVII, Fig. 1). Ein wohl bei 6 *m* hoher kegelförmiger Stammkörper. $^1/_{60}$.

Fig. 7. Stück eines Querschnittes des Holzkörpers des Stammes mit seinen Markstrahlen. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXIX, Fig. 13).

Fig. 8. *Sigillaria Eugenii* Stur. Ostrau. Der Steinkern eines Stammstückes an der Gabelungsstelle. Nach Stur (Kulmflora, Taf. XXV [XLII], Fig. 3). $^1/_2$.

Fig. 9. *Sigillaria tessellata* Brongn. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXVIII, Fig. 1). Links die Oberfläche der äußeren Rinde, in der Mitte die Oberfläche der inneren Rinde, rechts oben die Oberfläche des Holzcylinders.

Fig. 10. Oberfläche von *Sigillaria Saullii* Brongn. (Nach Brongniart, Taf. CLI.) Artengruppe: *Rhytidolepis.*

Fig. 11. Oberfläche von *Sigillaria hexagona* Brongn. Artengruppe: *Favularia.* (Brongniart, Taf. CLV.) Die Blattpolster auseinandergedrängt, treten über die Rippenvorsprünge hervor, die scharf polygonalen Blattnarben alternieren in den aneinandergrenzenden Reihen.

Fig. 12. Oberfläche von *Sigillaria Bardi* Brongn. (Taf. CLVIII, Fig. 4.) Artengruppe: *Clathraria.* Die Rippen verschwinden durch die quere Abschnürung der Blattpolster.

Fig. 13. Oberfläche von *Sigillaria spinulosa* Germ. Artengruppe: *Leiodermaria.* Ohne Blattpolster. Auf der ebenen Rindenoberfläche liegen die Abgliederungsnarben der Blätter, oberhalb derselben ein Ligulagrübchen, unterhalb ein oder zwei Grübchen, jene bei *Lepidodendron* (Taf. III, Fig. 8 und 16) vorkommenden Malen analog.

Fig. 14. *Sigillaria Lalayana* Schimper. Aus den Vogesen. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXVII, Fig. 2). Stück eines Stammes mit Narbenreihen, an denen die Fruchtzapfen gesessen haben sollen.

Fig. 15. *Sigillaria Cortei* Brongn. Mit einem Blatte. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXVII, Fig. 3.)

Fig. 16. *Sigillariostrobus mirandus* Grand'Eury (Flore carb., Taf. XIV, Fig. 5).

Fig. 17. Zapfen von *Sigillaria spinulosa* Germ. Von Wettin. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. LXVII, Fig. 12).

Fig. 18. Einzelne Schuppe davon. $^3/_4$.

Fig. 19. *Sigillariostrobus rugosus* Grand'Eury (Flore carb., Taf. XIV, Fig. 4). Zwei nach Grand'Eurys Annahme als Sigillarien-Fruchtzapfen zu bezeichnende Gebilde. Neuerlichst hat auch Zeiller (Solms-

Laubach, S. 267) im Norddepartement Zapfen von *Sigillaria* gefunden.

Die Cordaiteen.

Fig. 20. Idealbild von *Dory-Cordaites* nach Grand'Eury (Tableau D, Fig. 20) mit dem dazugehörigen Wurzelstock. $^1/_{50}$.

Fig. 21. Ein Blätterbüschel von *Dory-Cordaites*. (Grand' Eury, Taf. XVIII, Fig. 8.)

Fig. 22. Ein einzelnes parallelnerviges Blatt von *Dory-Cordaites*. (Grand'Eury, Taf. XVIII, Fig. 6.) $^1/_2$.

Fig. 23. Längsschnitt durch den Staubblütenstand einer Cordaitee. (*Cordaianthus Penjori* Renault, Bot. foss. I, Taf. XIV, Fig. 1.) Aus den Kieselbrocken von Grand' Croix. Viele übereinander liegende Blätter bilden knospenartige Körper und umschließen die (2—4) büschelförmig gestellten langgestreckten Pollensäcke.

Fig. 24. Einzelne Fruchtblüte von *Cordaianthus Williamsoni* Renault (l. c., Taf. XIV, Fig. 5). Das Ovulum im Längsschnitt. Unter dem schnabelförmigen Fortsatze liegt die Pollenkammer. In dieser und im Schnabelcanale sind Pollenkörner zu erkennen.

Fig. 25. Staub- und Fruchtblütenstände von *Cordaites;* unten links die ersteren, oben rechts die letzteren. (Grand' Eury, l. c., Taf. XXV, Fig. 3.)

Fig. 26. Samentragende Achse eines Cordaiten (*Cordaianthus anomalus* Carr.). Von Zwickau. Nach Schimper (Zittel, Handbuch II, S. 248, Fig. 178).

Fig. 27. *Cordaispermum Gutbieri* Geinitz. Von Zwickau. $^3/_4$.

Fig. 28. *Cordaispermum Lindleyi* Carr. 27. und 28. nach Renault I (Taf. XIV, Fig. 7, 8). $^3/_4$.

Tafel V. — Die Kalamiten I.

Fig. 1. *Calamites Suckowii* Brongn. Von Eschweiler bei Aachen. Stammstück mit drei Knospenquirlen. Die obere Narbenreihe entspricht nach Stur den Blattansatzstellen; unter der Internodiallinie entspringen die Wurzeln. (Nach Stur, Calam. Taf. III, Fig. 4.)

Fig. 2. *Calamites Suckowii* Brongn. Von Waldenburg in Schlesien. Die vollständigste Stammbasis dieser Art. Die Internodien werden nach oben höher und tragen unterhalb der Internodiallinie die großen Wurzelnarben. Der Verlauf der Fibrovasalstränge ist theils ausgesprochen durch die abwechselnde Stellung der Internodialstreifung vom Charakter der lebenden Equiseten, theils ist ein ununterbrochener Verlauf zu erkennen, wie bei *Archaeocalamites.* (Nach Stur, Calam., Taf. V, Fig. 6.)

Fig. 3. *Calamites bistriatus* Cotta sp. Von Chemnitz in Sachsen. Querschnitt des hohlen Stammes. Dünne Markstrahlen zwischen dicken Fibrovasalsträngen.

Fig. 4. Dasselbe Stammstück im Längsschnitt. Es lässt den Holzkörper und die gegliederte und längsgestreifte Centralhöhle erkennen. (Fig. 3. und 4. nach Stur, Calam., S. 27. und 28.)

Fig. 5. Stück eines Calamiten-Querschnittes aus dem Holzringe (*Arthropitys* nach Binney). Die engzelligen Holzkeile sind durch an der Markgrenze weitzellige primäre Markstrahlen von einander getrennt. (Man vergleiche Solms, Paläophyt., S. 305.) In jedem Holzkeil innen eine winzige Lacune.

Fig. 6. *Calamites* cf. *approximatus* Brongn. Von St.-Étienne. Radialschnitt. Lässt den Holzcylinder und die Querscheidewände (Diaphragmen) des inneren Hohlraumes erkennen. (Nach Stur, Calam., S. 37, Fig. 17 R.)

Fig. 7. *Archaeocalamites radiatus* Brongn. sp. Von Polnisch-Ostrau. Rundlicher, wenig zusammengedrückter Stamm. Zum Theil mit erhaltenem verkohltem Holzkörper, im übrigen den Abdruck des hohlen Innenraumes (Steinkern) zeigend. Die Rippen laufen gleichmäßig über die Internodien. (Nach Stur, Calam., Taf. IV [XXI], Fig. 1.)

Fig. 8. *Calamites cruciatus* Stur. Von Duttweiler bei Saarbrücken. Stammstück (Steinkern) mit zum Theil erhaltener verkohlter Holzhülle. Steinkern stark gerippt. Die Rippen laufen zu den in regelmäßig abwechselnder Stellung angeordneten Astnarben. Sehr vereinfacht nach Sturs herrlicher Abbildung (Calam., Taf. VIII, Fig. 1).

Fig. 9. *Calamites Suckowii* Brongn. Von Hermsdorf bei Waldenburg in Schlesien. Von einer Stammbase zweigt senkrecht darauf stehend eine erst weiter weg nach oben schwenkende Stammbase zweiter Ordnung ab. Diese entspringt mit scharf konischer Spitze, so dass man die Anheftungsstelle kaum merkt und auch die Narbe wohl kaum merkbar sein konnte.

Fig. 10. *Archaeocalamites radiatus* Brongn. sp. Von Altendorf. Ein beblätterter, deutlich gerippter Ast mit mehrfach regelmäßig zweitheiligen (dichotomierenden) linearen Blättern.

Fig. 11. *Calamites alternans* Germ. Von St.-Étienne. Kalamitenstamm mit „homomorphen“, d. h. mit den Stämmen übereinstimmend beblätterten Ästen. Diese Äste wurden als *Asterophyllites equisetiformis* Germ. bezeichnet. (Nach Stur, Calam., Taf. XVII, Fig. 1. Man vergleiche die ideale Darstellung desselben Restes bei Grand'Eury I, Taf. IV.)

Fig. 12. Asterophyllitenblatt von *Calamites* (*Calamitin* Weiß). Von Wettin im Saalkreise. Über einem Basalstücke eine lange schmallanzettliche, scharfgespitzte Blatt-

spreite. (Man vergleiche Solms, Paläophyt., S. 327; Weiß, Steinkohlen-Calaminarien II, Taf. I.)

Fig. 13. *Annularia brevifolia* Brongn. Von Alais. Ein reichbeblätterter, mehrfach verzweigter Seitenast mit gleichgestalteten Blattquirlen. (Stur, Calam., Taf. XVI, Fig. 4.)

Fig. 14. *Annularia Geinitzii* Stur (= *Annularia longifolia* Geinitz). Von Zwickau. Ein Ast mit drei Blattquirlen an einer gleichfalls mit einem Blattkreise versehenen Knotenlinie eines großen Hauptastes. (Nach Stur, Calam., Taf. XVI b, Fig. 2.)

Fig. 15. *Calamites Schulzi* Stur. Von Schatzlar. Ein vollständiger Blattquirl eines *Sphenophyllum*-artigen Zweiges. (Stur, Calam., S. 80, Fig. 24.)

Fig. 16. *Sphenophyllum dichotomum* Germ. und Kaulf. Von Schatzlar. Ein Ast mit verschiedenartig gestalteten Blättern. Zu unterst einfache *Asterophyllum*-Blätter, dann gabelige Blätter („*Volkmannia*-Blätter"), darüber tiefgespaltene schmalzipfelige *Sphenophyllum*-Blätter, an den Zweigenden ungeschlitzte, nur am oberen Rande gezähnte typische *Sphenophyllum*-Blätter. An einem Zweige also die Charaktere die „Gattungen" *Asterophyllites*, *Volkmannia* und *Sphenophyllum*. (Stur, Calam., Taf. XV, Fig. 5.) $^3/_4$.

Fig. 17 und 18. *Sphenophyllum costatulum* Stur (= *Volkmannia costatula* Stur). Die gewöhnlichen vierzipfeligen Blattformen seicht und tief geschlitzt. (Stur, Calam., S. 231, Fig. 41 a, c.)

Fig. 19. *Sphenophyllum Crépeni* Stur. Von Quaregnon in Belgien. 14 Nerven durch regelmäßige Zweitheilung aus einem Hauptnerven entstanden. (Stur, Calam., S. 232, Fig. 42.)

Fig. 20. *Sphenophyllum (Calamites) Sachsei* Stur. Schatzlarer Schichten von Oberschlesien.

Fig. 21. *Sphenophyllum dichotomum* Germ. und Kaulf. Von Saarbrücken (Schatzlarer Schichten). $^4/_1$.

Fig. 22. *Calamites Sachsei* Stur. Orzesche in Oberschlesien. Schatzlarer Schichten. Volkmannien-Fruchtstand. Ein Asterophyllitenast trägt *Sphenophyllum*-Äste mit den großen Volkmannienähren. Diese trägt an den Knotenlinien Blätterquirle aus 10—12 zu einer flach glockenförmigen Scheide verwachsenen Blättern, die in ihrer Mitte beiläufig in je zwei Zipfel gespalten erscheinen. (Stur, Calam., Taf. XI, Fig. 2.)

Fig. 23. *Calamites Sachsei* Stur. Orzesche in Oberschlesien. Schatzlarer Schichten. Ein Stammstück mit zwei Bruckmannien-Fruchtständen an Asterophyllitenästen, die dem unteren Ringe von Astnarben angehört haben, aber aus dem Zusammenhang gebracht sind. Solche Fruchtstände standen rings um den Ast. (Man vergleiche Stur, Calam., Taf. XI, Fig. 1.)

Fig. 24. *Calamites ramosus* Artis. Neurode. Bruckmannienähren an einem Aste zweiter Ordnung. (Stur, Calam., Taf. XII b, Fig. 3.)

Fig. 25. *Calamites Schulzi* Stur. Neurode. Volkmannien-Fruchtstände mit gegliederten Stielen. (Stur, Calam., Taf. VII b, Fig. 3.)

Fig. 26. *Calamites Suckowii* Brongn. Aus den Schatzlarer Schichten Belgiens. Ein Asterophyllitenast mit Bruckmannienähren. (Stur, Calam., Taf. IX, Fig. 2.)

Fig. 27. Schematische Darstellung eines Quirls der *Bruckmannia*-Ähre von *Asterophyllites equisetiformis* Geinitz. Nach Schimper (Paléont. végét., Taf. XXII, Fig. 8.)

Fig. 28. Schematische Darstellung von *Calamostachys tuberculata* Weiß. *Bruckmannia*-Ähre mit einem rosendornförmig nach abwärts gekrümmten Sporangienträger. (Man vergleiche Solms, Paläophyt., S. 335 und 340.)

Fig. 29. Schematische Darstellung der Fructification von *Annularia longifolia* nach Grand' Eury und Renault. (Renault II, Taf. XXI, Fig. 1.) Gestielte Sporangienträger, sonst ähnlich den Bruckmannienähren.

Fig. 30. *Calamostachys Binneyana* Schimper. (Schimper, Paléont. végét., Taf. XXIII, Fig. 5.) Aus der Kohle von Lancashire. *Bruckmannia*-Ähre.

Fig. 31. Schematische Darstellung des Ährenbaues von *Calamostachys* (*Volkmannia*-Ähre) nach Weiß (Calam., Taf. XVIII; Solms, S. 335 A).

Fig. 32. Schematische Darstellung von *Palaeostachya (Volkmannia) elongata* Weiß. Von Radnitz in Böhmen. Eine *Volkmannia*-Ähre mit sitzenden Sporangien nach Art der in Fig. 28 dargestellten, aber ohne die obere schirmförmige Ausbreitung des Sporangiumträgers.

Fig. 33. Schematische Darstellung von *Palaeostachya (Volkmannia) gracilis* Renault. Nach Renault (Bot. foss. II, Taf. XIX, Fig. 1). Von Autun.

Fig. 34. *Cingularia typica* Weiß. Kalamiten-Fruchtstand aus dem Saarbrückener Becken. 6 Quirle aus an der Basis in eine Scheibe verwachsenen Sporangienträgern.

Fig. 35. Schematische Darstellung eines Quirls mit den dichotomisch gespaltenen Sporangienträgern, deren vier von jedem solchen Lappen senkrecht herabhängen.

Fig. 36. Ein Quirl aus Sporangienträgern, von oben betrachtet, mit den vier Ansatzstellen der Sporangien.

(Die Abbildungen im Maßstabe $^3/_4$ der Originalien.)

Tafel VI. — Die Kalamiten II.

Die auf dieser Tafel zur Darstellung gebrachten Kalamiten sind nach den Originalskizzen des akademischen Malers Josef Hoffmann angefertigt, welche dieser unter der Leitung des Herrn Oberbergrathes D. Stur als Studien für sein großes Charakterbild der Steinkohlenformation für das k. k. naturhistorische Hofmuseum ausführte. Herr Oberbergrath Stur hat mir in liebenswürdigster Bereitwilligkeit die Originalskizzen für meinen Vortrag zur Verfügung gestellt, wofür hier der gebührende Dank ausgesprochen wird. (Das erwähnte Charakterbild ist in prachtvoll gelungener photographischer Vervielfältigung im genannten Hofmuseum [geol.-paläont. Abtheilung] käuflich zu erwerben.)

Fig. 1. *Archaeocalamites radiatus* Brongn. sp. Aus einem kurzen horizontalen Rhizom erhebt sich ein unregelmässig gegliederter, außen glatter, innen gerippter Stamm. Die Äste sind im allgemeinen von ähnlichem Bau. Die Blätter sind 1·5—70 *cm* lang, 2—4 mal dichotomierend in 4—16 schmallineare Zipfel zertheilt. Die jungen Fructificationen sind ährenförmig mit vielen Blättern besetzt. Der jüngere unterirdisch abzweigende Trieb (vergl. über die Anheftung und Abzweigung Fig. 9 auf Taf. V) trägt unten noch die langen, mehrfach dichotomierend in lineare Zipfel getheilten Blätter. (Nach einer nicht vollkommen ausgeführten Skizze.)

Fig. 2. *Calamites Sachsei* Stur. (Auch in Stur, Calam. der Schatzlarer Schichten, S. 69 abgebildet.) Der bestgekannte Kalamit der Schatzlarer Schichten. Der untere Theil trägt unfruchtbare Asterophyllitenäste. In der Natur dürfte der untere Theil des Baumes, wie Stur hervorhebt (S. 70), weniger regelmäßig beästet gewesen sein. Zu oberst sind Asterophyllitenäste mit *Bruckmannia*-Ähren, darunter *Sphenophyllum*-Äste mit *Volkmannia*-Ähren gezeichnet.

Fig. 3. *Calamites cruciatus* Sternb. Eine kleinere, weniger hohe Art mit dickem Stamm, der mit in regelmäßig abwechselnder Stellung auftretenden, durchwegs Bruckmannienähren tragenden Ästen besetzt ist. Diese Annahme würde auf Zweihäusigkeit dieses Kalamiten schließen lassen. (Auch bei Stur l. c., S. 68 abgebildet.)

Fig. 4. *Calamites Suckowii* Brongn. (Stur). Stur entwirft (l. c., S. 162) ein Gesammtbild dieses Kalamiten. Die oberirdischen Stammtheile zeigen periodische Entwicklung ungleich hoher Internodien. Im ersteren Theile zweigen mehrere Seitentriebe (secundäre Stammbasen) ab mit Asterophyllitencharakter. Fructificationszweige sind im Zusammenhange mit oberirdischen Stämmen bis nun nicht gefunden worden. Stur bezieht gewisse

Bruckmannia-Ähren (Taf. V, Fig. 26) auf *Calamites Suckowii*.

Fig. 5. *Calamites Schützei* Stur (l. c., S. 131). Einer der größten Kalamiten, dessen schlanke Stämme 18—25 *m* erreicht haben dürfte. Wurzel-, Blatt- und Astnarben sind nur in Spuren vorhanden. $^1/_{80}$.

Fig. 6. *Calamites Schulzi* Stur. Nach Stur (l. c., S. 67) bis auf die Wipfelpartie wahrheitsgetreu dargestellt. Entspringt im Wasser aus einer reichbewurzelten Stammbasis. Die Wurzeln verholzen theils und werden dann Stützen des Stammes, theils hängen sie lose ins Wasser und folgen dessen Strömungen. Stammbasen zweiter Ordnung entspringen an dem unter Wasser stehenden Theile des Stammes. Lange Asterophyllitenäste ohne Fructificationen, kurzgestielte, oft sehr große Volkmannienähren und *Sphenophyllum*-Äste mit kleineren Volkmannien lassen sich beobachten. Ob zu oberst thatsächlich *Bruckmannia*-Ähren tragende Äste stehen, ist, wie gesagt, fraglich. $^1/_{80}$.

Fig. 7. *Calamites ramosus* Artis. Nach Stur (l. c., S. 68 und 69) stellt das Bild eine Combination des Stammes von *Calamites ramosus* und der schwimmenden Äste von *Annularia Geinitzii* dar. Die Äste von *Calamites ramosus* sind kleinblätteriger und von bedeutender Länge (2—3 *m*); sie hätten kein so geschlossenes Bild geboten. Die Luftäste sind Asterophyllitenäste mit vielen und zarten *Bruckmannia*-Ähren. Die *Volkmannia*-Ähren wurden an den untergetauchten Stammtheilen selbst, wenigstens in ihren Stielen angetroffen, doch findet Stur die Annahme des Künstlers, der *Volkmannia*-Ähren auch an den schwimmenden Ästen entspringen lässt, nicht unwahrscheinlich. $^1/_{48}$.

Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien 1888.

Druck v. Jos. Eberle & Cº Wien, VII.

Senftenbergia

Sphyropteris Crépini St

Senftenbergia exigua B.R.

Hawlea Miltoni Artis

Grand'Eurya autunensis St.

S. elegans Corda.

S. exigua B.R.

Hapalopteris typica St.

Oligocarpia Gutbieri Goepp.

Oligocarpia Brongniarti St

Diplothmema gf. Zirckaunense Sutk.

Aphlebiocarpus Schützei St.

Sorotheca Crépini St.

Odontopteris zorifera Göpp.

Calymmotheca Schatzlanensis Sterz.

Calymmotheca Stangeri Presl.

Thyrsopteris schistorum St.

A. Schützei St

Asterotheca Sternbergi Goepp.

Dicranopteris Schimperiana Roem.

Dicranopteris Karwinensis St.

Saccopteris Sternbergii Corda.

Parnaeites acropteroides St.

Glossopteris indica

Neuropteris heterophylla Brongn.

Scolecopteris arborescens Sch. (Scolecopteris)

Neuropteris flexuosa Sternb.

Scolecopteris arborescens Schl.

Scolecopteris

Diplazites emarginatus Goepp.

Diplazites.

Renaultia intermedia B.R.

Noeggerathia foliosa Sternb.

Druck v. Jos. Eberle & Co. Wien VII.

Lepidodendron Veltheimianum Sternb.

19

Lepidodendron dichotomum Sternb.

1

Lepidodendron Veltheimianum Sternb.

20

21

16

Lepidodendron sp.

12

Lepidostrobus.

13

15

17

22

L. Sternbergi Bgt.

Lepidodend. Veltheimianum Sternb.

Lepidodend. Veltheimianum Sternb.

L. Völkmannianum Sternb.

23

24

Lepidostrobus Paladianus Sch.

Lepidostrobus

14

2

3

25

Lepid. Volkmannianum Sternb.

Verkürzt u. d. Natur doppelt so lang.

8

9

10

11

7

Lepidodendron Veltheimianum Sternb.

Lepidodendron Veltheimianum Sternb.

L. obovatum Sternb.

L. angulatum

L. rhombeum

L. acuminatum Sccpp.

18

Lepidophloios.

2

5

3

6

4

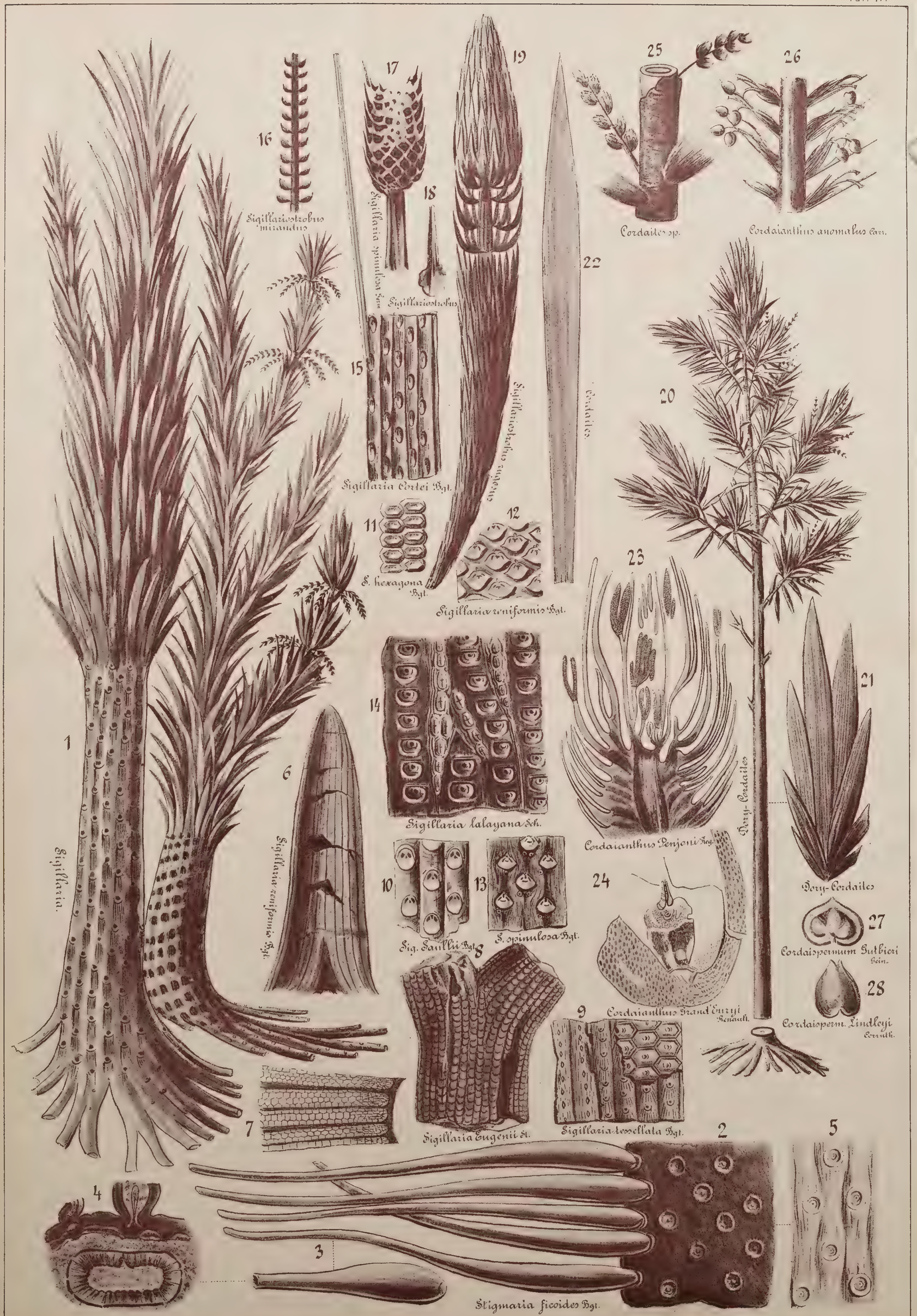
Knorria imbricata Sternb.

Lycopodium macrophyllum Goldenb.

Selaginella spinulosa A. Br.

Lepidodendron selaginoides Willd.

Druck v. Jos. Eberle & Cie. Wien, VII.



Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien 1888.

Druck v. Jos. Eberle & Cº Wien, VII.

Annularia Schultzii St.

Sphenophyllum dichotomum Kn. M.

Annularia brevifolia Bgt.

Calamites Suckowii Bgt.

Calamites Sachsei St.

Calamites Schulzi St.

Calamites cruciatus St.

Calamites alternans Sternb.

Calamites Suckowii Brongn.

Calamites distriatus Cotta.

Calamites approximatus Bgt.

Arthropitys Bistr.

Calamites Sachsei St.

Sphen. Crépini St.

S. costatul. St.

S. costatulum St.

S. dichotomum Kn. M.

Cingularia typica Wss.

Palaeostachya gracilis Sch.

Calamites Schulzi St.

Calamites varians St.

Archaeocalamites radiatus Bgt.

Calamostachys Binneyana Schimp.

Cingularia fragilifolia Gein.

Cal. tuberculata Wss.

Calamostachys Palaeostachya elongata Wss.

Asterophyllites equisetiformis Sein.

Calamites Suckowii Bgt.

Archaeocalam. radiatus Bgt.

Calamites Suckowii Brongn.

Druck v. Jos. Eberle & Co. Wien, VI.

Calamites Sachsei St.

Archaeocalamites radiatus Bgt.

Calamites Suckowii Bgt.

Calamites Schützei

Calamites Schulzi St.

Lith. Anst. Jos. Eberle & Co. Wien.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Toula, Franz,

Die Steinkohlen ihre Eigenschaften, Vorkommen, Entstehung und nationalö konomische Bedeutung

Wien 1888
BHS I B 291
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11558162-0